

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC5501

**PERENCANAAN HIDROLIS EMBUNG JANJING
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN
MOJOKERTO UNTUK PENYEDIAAN AIR IRIGASI**

TEGAR RILO WANDONO PUTRO
NRP. 101114.0000.0055

Dosen Pembimbing I
Ir.FX Didik Harijanto,CES
NIP. 19590329 198811 1 001

Dosen Pembimbing II
Dwi Indriyani, MT
NIP. 19810210 201404 2 001

DEPARTEMEN INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBARAN PENGESAHAN
PERENCANAAN HIDROLIS EMBUNG JANJING
KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO
UNTUK PENYEDIAAN AIR IIRIGASI

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Ahli Madya

Pada

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Mahasiswa



Tegar Rilo Wandono. P

10111400000055

02 April 2020

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir Terapan

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir.FX Didik Hariyanto, CES

NIP. 19590329 198811 1 001

Dwi Indriyani, MT

NIP. 19810210 201404 2 001

PERENCANAAN HIDROLIS EMBUNG JANJING KECAMATAN TRAWAS KABUPATEN MOJOKERTO SEBAGAI PENYEDIAAN AIR IRIGASI

Nama Mahasiswa : **TEGAR RILO WANDONO P**
NRP : **10111400000055**
Jurusan : **Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil FV ITS**
Dosen Pembimbing : **Ir. FX. Didik Harijanto, CES.
Dwi Indriyani, MT**

ABSTRAK

Desa Seloliman Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Provinsi Jawa Timur merupakan kawasan dataran tinggi dan kawasan pertanian yang kurang air. Desa Seloliman juga terletak pada wilayah tropis sehingga terdapat dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Selain itu Desa Seloliman juga merupakan dusun yang krisis di bidang pertanian. Hal ini mengakibatkan kebutuhan air irigasi sebagai kebutuhan penting bagi masyarakat Desa Seloliman juga meningkat panen di bidang pertanian. Dari permasalahan tersebut sebagai alternatif pemecahan masalahnya adalah dengan membangun embung yang dimanfaatkan untuk menyimpan air di musim penghujan dan digunakan dimusim kemarau. Pembangunan konstruksi embung tersebut perlu adanya suatu perencanaan yang matang. Dalam tugas akhir ini akan membahas metode – metode untuk perhitungan dari beberapa analisa – analisa perencanaan meliputi; analisa hidrologi, kapasitas tampungan, kebutuhan air irigasi, bangunan pengambilan (*Intake*) dan pelimpah (*Spillway*). Untuk analisa konstruksi bangunan meliputi bangunan pengambilan (*Intake*), bangunan pelimpah (*Spillway*). Dalam kajian ini kebutuhan air irigasi dioptimalkan

dengan memperhatikan debit andalan. Dari perencanaan embung ini didapatkan elevasi pelimpah +355. Dari elevasi pelimpah tersebut didapatkan volume tampungan sebesar 248.688,89m³ dan luas genangan 50000 m². Dengan volume tampungan yang ada dapat mencukupi kebutuhan air irigasi sebesar 0,1316 m³/detik

Kata Kunci : Embung, Metode, Kebutuhan air irigasi.

HYDRAULIC DESAIN OF JANJING SMALL DAM TRAWAS DISTRICT MOJOKERTO REGENCY TO PROVIDE IRRIGATION WATER

Name Student : TEGAR RILO WANDONO P
Reg.Number : 10111400000055
**Major : Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil FV ITS**
**Conseulor Lecturer : Ir. FX. Didik Harijanto, CES.
Dwi Indriyani, MT**

ABSTRACT

Seloliman Village Trawas Subdistrict Mojokerto Regency East Java Province is a highland area and an underwater agricultural area. Dusun Seloliman also lies in the tropics so there are two seasons, the rainy season and the dry season. Besides Hamlet Seloliman is also a hamlet that crisis in agriculture. This resulted in the need for irrigation water as an important necessity for the people of Seloliman Village also increased crops in agriculture. From these problems as an alternative problem solving is to build small dam that are used to store water in the rainy season and used in dry season. Construction of small dam construction needs a good planning. In this thesis will discuss the methods for the calculation of some planning analyzes include; hydrological, capacity, irrigation water demand, intake building and spillway analysis. For the analysis of building construction include intake building, spillway buildings. In this study, the irrigation water needs are optimized by taking into account the reliable discharge. From the planning of this small dam obtained

elevation overflow +355. From the abundant elevation obtained the volume of storage for 248.688,89 m³ and the puddle area 50000 m². With the volume of existing containers can meet the need for irrigation water of 0,1316 m³ / sec.

Keywords: Small DAM, Method, Irrigation water requirement

.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb,

Alhamdulillah, puji syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir terapan yang berjudul **"Perencanaan Hidrolis Embung Janjing Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Untuk Penyediaan Air Irigasi"**.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi kami di Program Studi Diploma 3 Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir Terapan ini bisa terwujud berkat bimbingan, saran-saran, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankanlah penyusun menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Allah SWT, atas semua rahmat-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW, atas semua pelajarannya.
3. Kedua orang tua saya yang selalu mendukung dan memberikan do'a
4. Ir. FX Didik Harijanto, CES selaku dosen pembimbing pertama saya.
5. Dwi Indriani, MT selaku dosen pembimbing kedua saya
6. Bapak Ibu Dosen dan Karyawan Prodi D3 Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
7. Teman-teman yang selalu membantu dan memberikan dukungan kepada kami.
8. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik yang disengaja maupun tidak, untuk itu mohon

kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir Terapan ini. Semoga laporan Tugas Akhir Terapan ini bisa bermanfaat untuk kita semua

Wassalamualaikum wr.wb.

Surabaya, 02 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Perencanaan.....	1
1.4 Manfaat Perencanaan.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.5 Peta Lokasi.....	2
BAB II DASAR TEORI DAN PAPARAN DATA.....	3
2.1 Siklus Hidrologi.....	3
2.2 Definisi Embung.....	4
2.3 Analisa Hidrologi.....	4
2.4 Analisa Penyediaan Air.....	7
2.5 Analisa Volume Embung.....	8
2.6 Analisa Klimatologi.....	9
2.7 Evapotranspirasi Potensial.....	13
2.8 Kebutuhan Air Irigasi.....	14
2.8.1 Perencanaan Pola Tata Tanam.....	14
2.8.2 Kebutuhan Air di Sawah (NFR).....	15
2.8.3 Kebutuhan Air Untuk Padi.....	15
2.8.4 Kebutuhan Air Untuk Palawija.....	15
2.8.5 Penyiapan Lahan.....	16
2.8.6 Luas Areal Irigasi.....	17
2.8.7 Kebutuhan Air Untuk Konsumtif Tanaman.....	17
2.8.8 Koefisien Tanaman.....	18
2.8.9 Perkolasi.....	18

2.8.10	Pergantian Lapisan Air	18
2.8.11	Efisiensi Irigasi	20
2.8.12	Kebutuhan air di <i>intake</i> (pintu pengambilan)	20
2.9	Perencanaan Bangunan Pelimpah (<i>Spillway</i>)	21
2.10	Perencanaan Bangunan Pengambilan	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Metodologi	31
3.2	Bagan Alir	32
BAB IV ANALISA DATA		35
4.1	Data Klimatologi	35
4.2	Data Debit	35
4.2.1	Debit Sungai	35
4.2.3	Debit Andalan	35
4.3	Data Irigasi	35
BAB V ANALISA PERHITUNGAN		42
5.1	Analisa Hidrologi	42
5.2	Klimatologi	54
5.3	Kebutuhan Air Irigasi	58
5.4	Debit Andalan	60
5.5	Analisa Penyedia Air	60
5.4.1	Lengkung Kapasitas	60
5.6	Analisa Volume Embung	67
5.8	Perencanaan Bangunan Pelimpah (<i>Spillway</i>)	67
5.7	Perencanaan Bangunan Pengambilan (<i>Intake</i>)	80
5.7.1	Alasan Bangunan Pengambilan (<i>Intake</i>)	80
5.7.2	Kehilangan Energi	81
5.7.3	Hubungan antara muka air di waduk dan debit	83
BAB VI PENUTUP		85
6.1	Kesimpulan	85
6.2	Saran	86
Daftar Pustaka		87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tekanan Uap Jenuh dengan Suhu	10
Tabel 2.2	Pembobotan	11
Tabel 2.3	Suhu dengan Fungsi Suhu	13
Tabel 2.4	Pola Tata Tanam Satu Tahun	15
Tabel 2.5	Kebutuhan Air untuk penyiapan lahan	17
Tabel 2.6	Harga – harga koefisien tanaman padi	19
Tabel 2.7	Harga Koefisien Tanaman tebu dengan metode perhitungan evapotranspirasi FAO	19
Tabel 2.8	Tingkat Perkolasi	20
Tabel 4.1	Temperatur	36
Tabel 4.2	Kecepatan Angin	37
Tabel 4.3	Lama Penyinaran Matahari	38
Tabel 4.4	Kelembaban Relatif	39
Tabel 4.5	Debit Sungai	40
Tabel 4.6	Debit Andalan	41
Tabel 5.1	Pengukuran Distribusi	42
Tabel 5.2	Parameter Cs,Ck,dan Cv Normal	43
Tabel 5.3	Parameter Cs,Ck,dan Cv Log	44
Tabel 5.4	Menentukan Distribusi	44
Tabel 5.5	Distribusi Log Person Tipe III	45
Tabel 5.6	CH max dengan periode ulang	46
Tabel 5.7	Rekapitulasi Hujan Rencana	48
Tabel 5.8	Rekapitulasi R ₂₄	48
Tabel 5.9	Curah Hujan Efektif	50
Tabel 5.10	Curah Hujan Efektif dengan rata-rata hujan pada jam ke-t	50
Tabel 5.11	Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	52
Tabel 5.12	Ordinat Hidrograf Banjir Nakayasu dengan Periode Ulang 50 tahun	53
Tabel 5.13	Hubungan antara suhu dengan tekanan uap, pembobot, fungsi pembobotan, fungsi suhu	54
Tabel 5.14	Perhitungan Klimatologi	57

Tabel 5.15 WLR.....	58
Tabel 5.16 ETc	59
Tabel 5.17 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi.....	62
Tabel 5.18 Perhitungan Debit Andalan	63
Tabel 5.19 Hubungan Elevasi, Luas dan Volume	65
Tabel 5.20 Perhitungan Debit Diatas Pelimpah.....	67
Tabel 5.21 Analisa Penelusuran Banjir dengan Elevasi	71
Tabel 5.22 Penelusuran Banjir dengan Q50.....	72
Tabel 5.23 Hubungan Kedalaman(H) dan Debit Banjir(Q) ...	75
Tabel 5.24 Profil Pelimpah Tipe Ogee.....	77
Tabel 5.25 Perhitungan Klimatologi	78
Tabel 5.26 Data Teknis <i>Spillway</i>	80
Tabel 5.27 Hubungan muka Air Embung dengan Debit Intake.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Kabupaten Mojokerto	2
Gambar 2.1 Ilustrasi Siklus Hidrologi.....	3
Gambar 2.2 Hidrograf Satuan Metode Nakayasu.....	7
Gambar 2.3 Kapasitas atau Tampung Embung	8
Gambar 2.4 Koefisien Limpasan Tipe Pelimpah	23
Gambar 2.5 Koefisien Kontraksi Pilar	24
Gambar 2.6 Koefisien Kontraksi Dinding Samping.....	24
Gambar 2.7 Profil Melintang <i>Spillway</i> Tipe Ogee	73
Gambar 3.1 Bagan Mencari Kebutuhan Air Irigasi.....	31
Gambar 3.2 Bagan Mencari Desain Hidrolis Embung	32
Gambar 5.1 Grafik Distribusi Log Person III.....	47
Gambar 5.2 Grafik Pola Tanam Optimum	64
Gambar 5.3 Kurva Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume	66
Gambar 5.4 Grafik Penelusuran Banjir Q 50	73
Gambar 5.5 Kedalaman Saluran Pengarah dan Ambang Air ..	74
Gambar 5.6 Grafik korelasi H dan Q	76
Gambar 5.7 Profil Melintang <i>Spillway</i> Tipe Ogee	77
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara muka air embung dengan debit pengambilan	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris, dimana sebagian besar penduduknya adalah petani. Sehingga sangat dibutuhkan sistem irigasi yang tepat guna agar penyediaan air di sawah terpenuhi dan dapat meningkatkan produksi pertanian. Pola tata tanam yang tepat juga mutlak dibutuhkan sesuai dengan kondisi iklim dan geologi yang ada. Kebutuhan air di sawah (dinyatakan dalam mm/hari atau $\text{m}^3/\text{dt}/\text{ha}$), ditentukan oleh faktor-faktor:

- a. Penyiapan lahan
- b. Penggunaan air konsumtif
- c. Perkolasi dan rembesan
- d. Pergantian lapisan air
- e. Curah hujan efektif

Embung Janjing yang sumber airnya dari Kali Janjing yang mengalir ke Kali Sadar, mempunyai potensi yang sangat besar untuk warga sekitar khususnya untuk irigasi. Pembangunan embung ini sangat penting dilihat dari berbagai sudut kebutuhan air, terutama kebutuhan air yang semakin lama semakin meningkat dan ketersediaan air yang semakin lama semakin sedikit. Embung Janjing yang mempunyai luas genangan 1,02 hektar dan volume tampungan air 34018 m^3 ini mampu menyimpan potensi besar untuk irigasi pertanian.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Berapa m^3/det kebutuhan air irigasi di Desa Janjing ?
2. Bagaimana desain hidrolis untuk Embung Janjing ?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Mengetahui kebutuhan air untuk irigasi
2. Merencanakan desain hidrolis untuk Embung Janjing

1.4 Manfaat Perencanaan

Tugas Akhir Terapan ini diharapkan dapat membantu merencanakan irigasi untuk mengalir saluran irigasi yang ada disekitar Desa Seloliman bagi masyarakat khususnya dibidang pertanian.

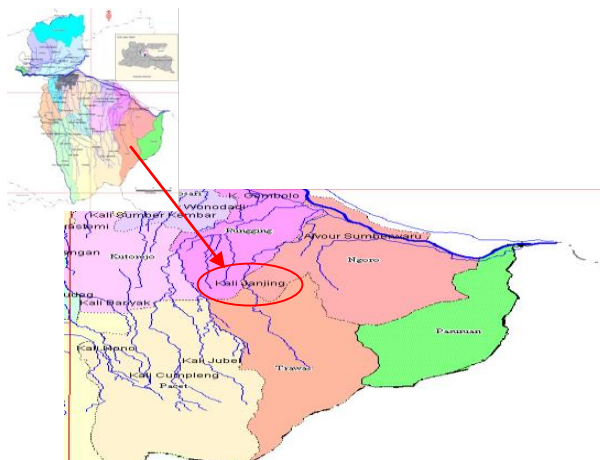
1.5 Batasan Masalah

Titik berat masalah ini adalah penyediaan air irigasi yang optimal dari Embung Janjing, sehingga keuntungan dari debit yang ada tersebut dapat maksimal. Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas aspek ekonomi dan sosial.
2. Tidak membahas Analisis Dampak Lingkungan (AMDAL) akibat pembangunan.
3. Tidak membahas perencanaan teknis embung
4. Tidak membahas biaya konstruksi embung

1.6 Peta Lokasi

Lokasi direncanakan embung terletak di Dusun Janjing, Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto seperti pada Gambar 1.5.



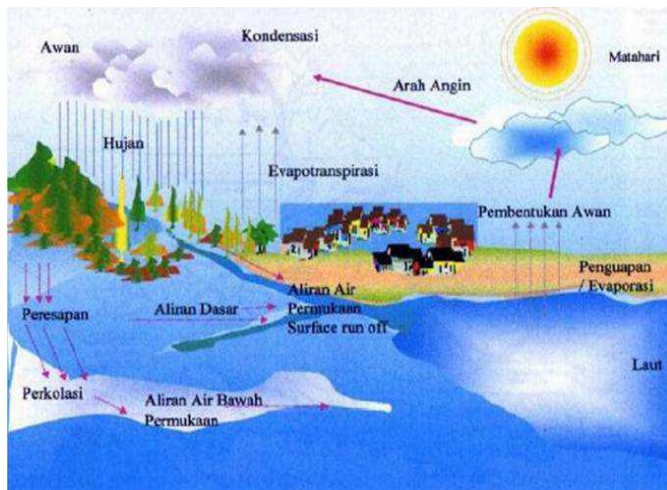
Gambar 1.5 Peta Kabupaten Mojokerto

BAB II

DASAR TEORI DAN PAPARAN DATA

2.1 Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan “siklus hidrologi”. Siklus Hidrologi adalah suatu proses yang berkaitan, dimana air diambil dari lautan ke atmosfer (udara), ke darat dan kembali lagi ke laut, seperti digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Siklus Hidrologi

Secara umum evaluasi perencanaan pada embung merupakan salah satu bagian evaluasi awal dalam perencanaan atau perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung didalam perencanaan embung adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam evaluasi perencanaan embung di kabupaten Mojokerto ini merupakan masukan penting untuk mensejahterahkan kebutuhan irigasi setempat.

Evaporasi yang lain dapat terjadi pada sistem sungai, embung, *reservoir*, waduk maupun air laut yang merupakan sumber air terbesar. Walaupun laut adalah tempat dengan sumber air terbesar namun tidak bisa langsung dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan karena mengandung garam atau air asin (*salt water*).

2.2 Definisi Embung

Embung adalah bangunan yang berfungsi untuk menampung air hujan dan digunakan pada musim kemarau bagi suatu kelompok masyarakat desa, atau embung didefinisikan sebagai konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan (*run off*) serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan.

Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro di lahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi (*high added value crops*) di musim kemarau atau di saat curah hujan makin jarang.

Menurut komisi dam dunia embung dan waduk sering juga disebut danau buatan yang besar. Bendungan atau waduk besar adalah bila tinggi bendungan lebih kecil dari 15 meter, sedangkan embung atau waduk kecil dan tinggi bendungan kurang 15 meter.

1.3 Analisa Hidrologi

1. Curah Hujan Maksimum

Curah hujan maksimum adalah curah hujan yang diseleksi yang terbesar dari data hujan yang ditentukan

2. Distribusi Curah Hujan

Distribusi curah hujan adalah berbeda – beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan

(jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (jumlah curah hujan sebulan), curah hujan harian (jumlah curah hujan 24 jam), curah hujan perjam. Harga – harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk penentuan prospek dikemudian hari dan akhirnya untuk perancangan sesuai dengan tujuan yang dimaksud. Distribusi curah hujan adalah

- Distribusi Log Person Tipe III

Distribusi Log Person Tipe III

Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$\log X = \overline{\log X} + K \cdot S \log X$$

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{(n-1)}}$$

$$Cs = \frac{n \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3}$$

Dimana:

X = Nilai Variat X (mm)

— = Rerata Logaritma Variat X

= Karakteristik Distribusi Log Person Tipe III

Cs = Koefisien Kemencengan

3. Metode Curah Hujan

Metode curah hujan yang dipakai untuk penelusuran banjir adalah

- Metode Nakayasu

Metode Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik metode DR. Nakayasu telah berulang kali diterapkan di Jawa Timur terutama pada DTA kali Brantas. Hingga saat ini hasilnya cukup memuaskan.

Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya sebagai berikut:

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- Luas daerah tangkapan air
- Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
- Koefisien pengaliran.

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah :

$$Qp = \frac{C \cdot A \cdot Ro}{3.6(0.3Tp + T_{0.3})}$$

- Qp = Debit puncak banjir (m^3/det)
 Ro = Hujan satuan (mm)
 Tp = Waktu puncak banjir (jam)
 $T_{0.3}$ = Waktu 30% dari debit puncak
 A = Luas daerah tangkapan sampai outlet
 C = Koefisien pengaliran

Untuk menentukan Tp dan $T_{0.3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

- Tp = $tg + 0,8 tr$
 $T_{0.3}$ = $a tg$
 tr = $0,5 tg$ sampai tg

tg adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km : $tg = 0,4 + 0,058 L$
- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km : $tg = 0,21 L^{0,7}$

dimana :

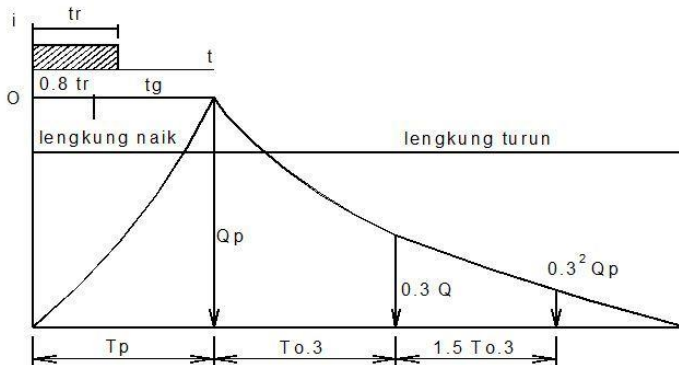
t_r = Satuan Waktu hujan (jam)

a = Parameter hidrograf, untuk

$a = 2$ = Pada daerah pengaliran biasa

$a = 1,5$ = Pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$a = 3$ = Pada bagian naik hidrograf cepat, turun lambat



Gambar 2.2 Hidrograf Satuan Metode Nakayasu

2.4 Analisa Penyediaan Air

2.4.1 Lengkung kapasitas embung

Lengkung kapasitas embung merupakan grafik yang menghubungkan luas daerah genangan dengan volume tampungan terhadap elevasinya. Berhubung fungsi utama embung adalah untuk menyediakan tampungan, maka ciri fisik utama yang terpenting adalah kapasitas tampungan.

Secara sistematis volume tampungan waduk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_i = (h(i+1) \times 0,5 \times (F_i + F(i+1)))$$

$$I_t = \sum_{i=1}^n I_i$$

Dimana

I_i = Volume pada setiap elevasi ketinggian mulai
 $h(i+1)(m^3)$

F = Luas genangan pada elevasi tinggi $h(i+1) (m^3)$

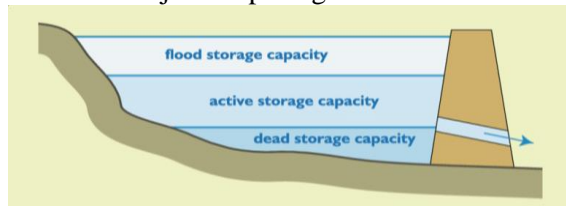
$F(i+1)$ = Luas genangan pada elevasi tinggi
 $h(i+1)(m^3)$

I_t = Volume total (m^3)

2.5 Analisa Volume Embung

Fungsi utama embung adalah untuk memanfaatkan air pada musim penghujan, menampung air sehingga dapat di manfaatkan pada musim kmarau. Hal yang terpenting dari embung adalah kapasitas embung atau kapasitas tampungan yang meliputi :

1. Kapasitas Tampungan Total
2. Kapasitas Mati Embung (*Dead Storage*)
Besar volume mati embung =15% dari volume total embung
3. Kapasitas Efektif Embung
Besar volume efektif embung = total volume embung - volume mati Ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Kapasitas atau Tampungan Embung

2.6 Analisa Klimatologi

1. Tekanan Uap Jenuh

Mencari tekanan uap jenuh dengan cara interpolasi, jika $T^{\circ}C$, maka dirumuskan:

$$e_a = e_{a1} + (((T_1 - T) / (T_2 - T)) \times (e_{a2} - e_{a1}))$$

Keterangan :

E_a = tekanan uap jenuh yang dicari (mbar)

- ea_1 = tekanan uap pertama (mbar)
 T_1 = suhu/temperature pertama ($^{\circ}\text{C}$)
 T = suhu/temperature yang diketahui ($^{\circ}\text{C}$)
 T_2 = suhu/temperature kedua ($^{\circ}\text{C}$)
 ea_2 = tekanan uap kedua (mbar)

2. Tekanan Uap Nyata

Dirumuskan sebagai berikut

$$ed = ea \times \frac{RH}{100}$$

Dimana:

- ed = tekanan uap nyata (mbar)
 ea = tekanan uap (mbar)
 RH = kelembaban relatif (%)

3. Fungsi Angin

Dirumuskan sebagai berikut

$$F(U) = 0,27 \times \left(1 + \frac{U}{100}\right)$$

Dimana:

- $F(U)$ = fungsi angin (km/hari)
 U = kecepatan angina (km/hari)

4. Bobot

pada elevasi 1-250 m (W)

Dirumuskan sebagai berikut

$$W = W_1 + (((T_1 - T) / (T_1 - T_2)) \times (W_2 - W_1))$$

Dimana:

- W = bobot yang dicari
 W_1, W_2 = bobot
 T_1, T_2 = suhu ($^{\circ}\text{C}$)
 T = Suhu/temperature diperoleh dari data ($^{\circ}\text{C}$)

Tabel 2.1 Tekanan Uap Jenuh dengan Suhu

Suhu (T)	Ea
	mbar
20	23,40
21	24,90
22	26,40
23	28,10
24	29,80
25	31,70
26	33,60
27	35,70
28	37,80
29	40,10
30	42,40
31	44,90
32	47,60
33	50,30
34	53,20
35	56,20
36	59,40
37	62,80
38	66,30
39	69,90

5. Faktor Pembobotan

$$w = 1 - W$$

Dimana:

w = factor pembobotan

W = bobot yang dicari

6. Radiasi Gelombang Pendek

$$R_s = R_a \times \left(0,25 + \left(0,5 \times \frac{n/N}{100} \right) \right)$$

Dimana:

R_s = Radiasi Gelombang Pendek (mm/hari)

Ra = Radiasi Ekstra Tereksterial (mm/hari)
n/N = Penyinaran Matahari (%)

Tabel 2.2 Pembobotan

Suhu (T)	W
	Elevasi 1 – 250 m
20	0,68
21	0,70
22	0,71
23	0,72
24	0,73
25	0,74
26	0,75
27	0,76
28	0,77
29	0,78
30	0,78
31	0,79
32	0,80
33	0,81
34	0,81
35	0,82
36	0,83
37	0,84
38	0,84
39	0,85

7. Radiasi Netto Gelombang Pendek

$$R_{ns} = R_s \times (1-0.75)$$

Dimana:

R_{ns} = Radiasi Netto Gelombang Pendek (mm/hari)

R_s = Radiasi Gelombang Pendek (mm/hari)

8. Fungsi Tekanan Uap Nyata

$$F(ed) = 0.34 - (0.043 \times \sqrt{ed})$$

Dimana:

$F(ed)$ = Fungsi Tekanan Uap Nyata

ed = Takanan Uap Nyata (mbar)

9. Fungsi Penyinaran Matahari

$$F(n/N) = 0.1 + (0.9 \times ((n/N) / 100))$$

Dimana:

$F(n/N)$ = Fungsi Penyinaran Matahari

n/N = Lama Penyinaran Matahari (%)

10. Fungsi Suhu

$$F(t) = F(t)1 + (((T1-T)/(T1-T2)) \times (F(t)2 - F(t)1))$$

Dimana:

$F(t)$ = Fungsi Suhu

$F(t)1, F(t)2$ = Fungsi Suhu dilihat Tabel 2.5.10

$T1, T2$ = suhu dilihat dari Tabel 2.5.10 (°C)

T = Suhu/temperature diperoleh dari data (°C)

11. Radiasi Netto Gelombang Panjang

$$R_{nl} = f(ed) \times f(n/N) \times f(t)$$

Dimana:

R_{nl} = Radiasi Netto Gelombang Panjang
(mm/hari)

$F(ed)$ = Fungsi Tekanan Uap

$F(n/N)$ = Fungsi penyinaran matahari

$F(t)$ = Fungsi suhu

Tabel 2.3 Suhu dengan Fungsi Suhu

Suhu (T)	f(t)
20	14,60
21	14,80
22	15,00
23	15,20
24	15,40
25	15,70
26	15,90
27	16,10
28	16,30
29	16,50
30	16,70
31	17,00
32	17,20
33	17,50
34	17,70
35	17,90
36	18,10
37	18,30
38	18,50
39	18,70

2.7 Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi adalah peristiwa evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber seperti tanah, atap dan badan air. Sedangkan transpirasi ialah pergerakan air di dalam tumbuhan yang hilang melalui

stomata akibat diuapkan oleh daun. Di dalam perhitungan dikenal ada dua istilah evapotranspirasi yaitu:

- Evapotranspirasi potensial, terjadi apabila tersedia cukup air untuk memenuhi pertumbuhan optimum.
- Evapotranspirasi aktual, terjadi dengan kondisi pemberian air seadanya untuk memenuhi pertumbuhan.

(Wiyono : 2000)

Namun yang digunakan untuk optimasi pemanfaatan air ini adalah evapotranspirasi potensial yang dapat dihitung dengan metode Penman modifikasi sebagai berikut (Pruit. 1977)

$$ET_o = c (((1-W) \times R_n) + (W \times F(u) \times (e_a - e_d)))$$

Dimana:

ET_o = Evapotranspirasi Potensial (mm/hari)

c = Faktor Koreksi ($c = 1.10$)

$1-W$ = Faktor Bobot

R_n = Radiasi Netto (mm/hari)

W = Bobot

$F(u)$ = Fungsi Angin (mm/hari)

e_a = Tekanan uap jenuh (mbar)

e_d = Tekanan uap nyata (mbar)

2.8 Kebutuhan Air Irigasi

2.8.1 Perencanaan Pola Tata Tanam

Pola tata tanam adalah jadwal tanam dan jenis tanaman yang diberikan pada suatu jaringan irigasi. Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman. Penentuan pola tata tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tabel ini merupakan contoh pola tata tanam yang tepat dipakai seperti Tabel 2.4

Tabel 2.4 Pola Tata Tanam Satu Tahun

POLA TANAM	BULAN											
	NO P	DES	JAN	PEB	MA R	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT
<u>AIR CUKUP</u> PADI-PADI-POL		PADI				PADI				POL		
PADI-PADI-PADI		PADI				PADI				PADI		
<u>AIR SEDANG</u> PADI-PADI-BERO		PADI				PADI				BERO		
PADI-POL-POL		PADI				POL				POL		
<u>AIR KURANG</u> PADI-POL-BERO		PADI				POL				BERO		

Sumber : Sidharta.,1997

2.8.2 Kebutuhan Air di Sawah (NFR)

$$NFR = Etc + P + WLR - Re$$

Dengan :

NFR	=	kebutuhan air untuk tanaman	(mm/hari)
Etc	=	Evapotranspirasi potensial	(mm/hari)
WLR	=	pergantian lapisan air	(mm/hari)
Re	=	curah hujan efektif	(mm/hari)
P	=	perkolasi	(mm/hari)

2.8.3 Kebutuhan Air Untuk Padi

$$IR = \frac{NFR}{C}$$

Dengan :

C = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

2.8.4 Kebutuhan Air Untuk Palawija

$$IR = \frac{ETc - Re}{C}$$

2.8.5 Penyiapan Lahan

Dalam penyiapan lahan, kebutuhan air umumnya dengan menentukan kebutuhan air irigasi pada suatu proyek irigasi. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan.

Kebutuhan air irigasi selama jangka waktu penyiapan lahan dihitung dengan rumus :

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1}$$

Dengan :

Eo	=	Evaporasi potensial (mm/hari) = ETo x 1,10
P	=	Perkolasi (mm/hari) yang tergantung dari tekstur tanah
M	=	Kebutuhan evaporasi dan perkolasi = Eo + P
T	=	Waktu Penyiapan Tanah (hari)
S	=	Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah 50 mm jadi 250 + 50 sama dengan 300 mm
K	=	$\frac{M \times T}{S}$
IR	=	kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

Tabel 2.5 Kebutuhan Air untuk penyiapan lahan

EO + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
5	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13	8.8	9.8
6	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12	13.6	9.4	10.4
7	12.3	13.9	9.8	10.8
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8	13	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14	15.5	11.6	12.5
10	14.3	15.8	12	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2

Sumber: KP 01, 1986

Catatan : Setelah 1 – 2 bulan dari transplantasi dilakukan pergantian lapisan air sebanyak 50 mm selama 20 hari (2,5 mm/hari sebulan)

2.8.6 Luas Areal Irigasi

Luasan daerah irigasi ditentukan sesuai debit yang mengalir pada jaringan irigasi. Semakin besar debit semakin besar pula luas lahan yang diairi. Namun pada jaringan tersier dibatasi maksimal 150 ha.

2.8.7 Kebutuhan Air Untuk Konsumtif Tanaman

Penggunaan konsumtif air oleh tanaman diperkirakan oleh pendekatan empiris dengan menggunakan data iklim, koefisien tanaman pada tahap pertumbuhan sebagai berikut:

$$ET_c = K_c \times ET_o \text{ (Doorenbos. 1997)}$$

Dengan :

K_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hr)

2.8.8 Koefisien Tanaman

Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman juga

merupakan factor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya ditunjukkan pada tabel 2.6 dan tabel 2.7

2.8.9 Perkolasi

Adapun yang dimaksud Perkolasi adalah besarnya air yang masuk dari lapisan tanah tak jenuh (*unsaturated*) ke lapisan tanah jenuh (*saturated*). Infiltrasi ialah masuknya air (besarnya air merembes) dari permukaan tanah ke lapisan tak jenuh (*unsaturated*). Pada tanaman ladang, perkolasi air kedalam lapisan tanah bawah hanya akan terjadi setelah pemberian air irigasi. Besarnya perkolasi dinyatakan dalam mm/hari (Soemarto:1987) ditunjukkan pada tabel 2.8.

2.8.10 Pergantian Lapisan Air (*Water Layer Requirment*)

Adapun ketentuan – ketentuan dalam WLR dalah sebagai berikut :

- WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiangan, yaitu satu sampai dua bulan dari transplanting.
- $WLR = 50 \text{ mm}$ (diasumsikan)
- Jangka waktu $WLR = 0,5 \text{ bulan}$ (selama 0,5 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm)

Tabel 2.6 Harga – harga koefisien tanaman padi

Bulan	Nedeco/ Prosida		FAO	
	Varietas ² Biasa	Varietas ³ Unggul	Varietas biasa	Variaetas Unggul
0,5	1,20		1,10	
1	1,20	1,20	1,10	1,10
1,5	1,32	1,27	1,10	1,10
2	1,40	1,33	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	1,05
3	1,24	1,30	1,05	0,95
3,5	1,12	0	0,95	0
4	0 ⁴		0	

Sumber : Dirjen Pengairan, Bina Program PSA. 010, 1985

Tabel 2.7 Harga Koefisien Tanaman tebu untuk diterapkan
dengan metode perhitungan evapotranspirasi FAO

Umur tanaman		Tahap pertumbuhan	RHmin <70%		RHmin <20%	
12 bln	24 bln		ANGIN			
			kecil/ sedang	kencang	kecil/ sedang	kencang
0 – 1	0 - 2.5	tanam sampai 0.25 rimbun	0.65	0.6	0.4	0.45
1 – 2	2 - 3.5	0.25 - 0.5 rimbun	0.8	0.85	0.75	0.8
2 - 2.5	3.5 - 4.5	0.5 - 0.75 rimbun	0.9	0.95	0.95	1
2.5 - 4.0	4.5 - 6.0	0.75 sampai rimbun	1	1	1.1	1.2
4 – 10	6 – 17	penggunaan air puncak	1.05	1.15	1.25	1.3
10 – 11	17 – 22	awal berbunga	0.8	0.85	0.29	1.01
11 – 12	22 – 24	menjadi masak	0.6	0.65	0.7	0.7

Sumber : KP 01,1986

Tabel 2.8 Tingkat Perkolasi

Tekstur	Tanah Perkolasi (mm/hari)
Lempung berpasir	3 – 6
Lempung berpasir	2 – 3
Liat berlempung	1 – 2

Sumber : Rice Irrigation in Japan. OTCA, 1973 di dalam Sibarani, Briza. 2015

2.8.11 Efisiensi Irigasi

Kehilangan air irigasi pada saluran yang disebabkan penguapan, rembesan dan kekurangan telitian dalam eksploitasi adalah efisiensi irigasi. Air yang diambil dari sumber air atau sungai yang di alirkan ke areal irigasi tidak semuanya dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam praktek irigasi terjadi kehilangan air. Kehilangan air tersebut dapat berupa penguapan di saluran irigasi. Rembesan dari saluran atau untuk keperluan lain (rumah tangga). Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang dari saluran primer, sekunder dan tersier.

- Saluran Primer : 90%
- Saluran Sekunder : 90%
- Saluran Tersier : 80%

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Irigasi Total (C)} &= 90\% \times 90\% \times 80\% \\ &= 65\%\end{aligned}$$

2.8.12 Kebutuhan air di *intake* (pintu pengambilan)

Kebutuhan air di *intake* merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya.

$$DR = NFR/EI$$

Dengan :

DR = Kebutuhan air di Intake (mm/hr/ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

2.9 Perencanaan Bangunan Pelimpah

1. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*) Melalui Pelimpah

Dasar dari analisis ini adalah persamaan tampungan, dengan tampungan Embung sebagai fungsi dari aliran keluar (*outflow*). Aliran keluar direncanakan melewati ambang pelimpah (*spillway*), sehingga lebar ambang pelimpah akan berpengaruh terhadap tinggi muka air di atas ambang pelimpah tersebut. Analisis ini juga menjadi dasar untuk menentukan tinggi tubuh embung.

Dalam studi ini, tinggi tubuh embung dan kapasitas lebar bangunan pelimpah direncanakan dengan banjir desain Q_{50} . Sedangkan untuk perencanaan saluran peluncur digunakan banjir desain yang lebih kecil ($PSA\ 007$), dalam hal ini dipakai banjir hasil analisis *routing*.

Penelusuran banjir dalam perhitungannya didasarkan atas metode Modified Pul's Method yaitu sebagai berikut :

$$S_2 - S_1 = \frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t$$

dimana :

- I_1, I_2 = debit *inflow* pada waktu t_1, t_2
- O_1, O_2 = debit *outflow* pada waktu t_1, t_2
- S_1, S_2 = tampungan pada waktu t_1, t_2
- Δt = periode penelusuran

Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{2S_2}{\Delta t} + O_2 = I_1 + I_2 + \left(\frac{2S_1}{\Delta t} - O_1 \right)$$

Bila :

$$\phi_1 : \frac{2S}{\Delta t} + O$$

$$\psi_1 : \frac{2S}{\Delta t} - O$$

Maka : $\phi_2 = (I_1 + I_2) + \psi_1$

Dari persamaan tersebut, nilai I_1 dan I_2 diketahui dari hidrograf aliran masuk ke Embung. Jika Δt telah diketahui, maka S adalah tampungan awal yang elevasi dan volumenya dapat ditentukan dari elevasi penempatan ambang pelimpah (*crest spillway*). Selanjutnya, O_1 adalah debit keluar (*outflow*) selama periode penelusuran yang melalui ambang pelimpah (*spillway*).

2. Saluran pengarah

Kegunaan saluran pengarah tersebut adalah untuk mendapatkan kecepatan aliran yang rendah dan kemudian arah aliran dan kecepatannya berubah secara perlahan tanpa menimbulkan turbulensi pada kedalaman aliran yang cukup. Persyaratan hidrolik pada saluran pengarah adalah :

$$P \geq H / 5$$

$$V \geq 4m / \text{det}$$

dimana :

- H = kedalaman aliran di atas mercu (m)
- P = kedalaman aliran di bawah mercu (m)
- V = kecepatan aliran pemasukan (m/s)

3. Aliran Debit Lewat Pelimpah

Debit pengeluaran (*outflow*) yang melalui ambang pelimpah dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = C * L * H^{3/2}$$

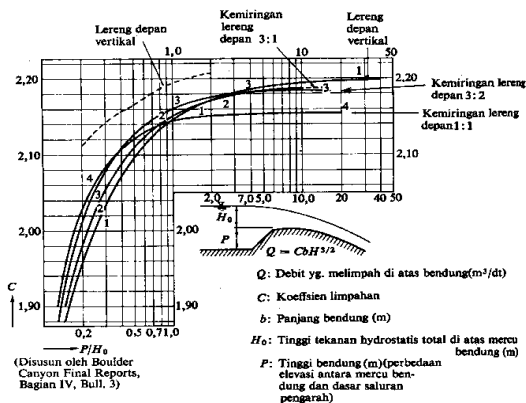
dimana :

- C = koefisien pelimpah
- L = lebar efektif pelimpah (m)
- H = tinggi tekan air di atas ambang pelimpah (termasuk tinggi tekan kecepatan aliran pada saluran pengarah aliran)

Koefisien limpasan pada spillway tergantung dari beberapa faktor diantaranya adalah :

1. Kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran.
2. Kemiringan lereng udik pelimpah
3. Tinggi air di atas mercu pelimpah

Pengaruh-pengaruh kedalaman air di dalam saluran pengarah aliran dan kemiringan lereng udik pelimpah terhadap angka-angka C pada berbagai bangunan pelimpah dapat dilihat pada Gambar 3 - 1.



Gambar 2.4 Koefisien limpasan dari berbagai tipe pelimpah

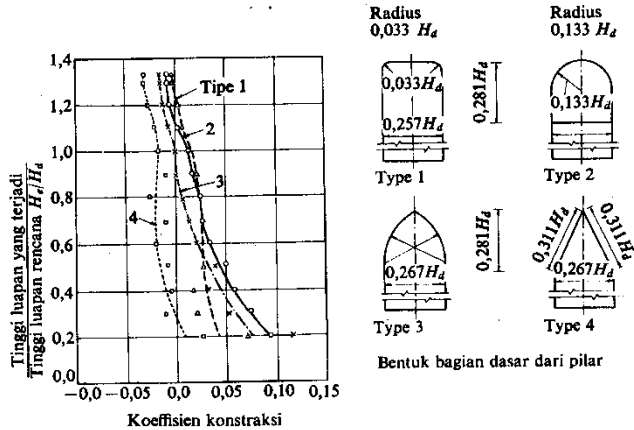
Rumus yang dipergunakan untuk menghitung Panjang efektif pelimpah (*Civil Engineering Departement U.S Army*) adalah :

$$L = L' - 2(N.K_p + K_a).H$$

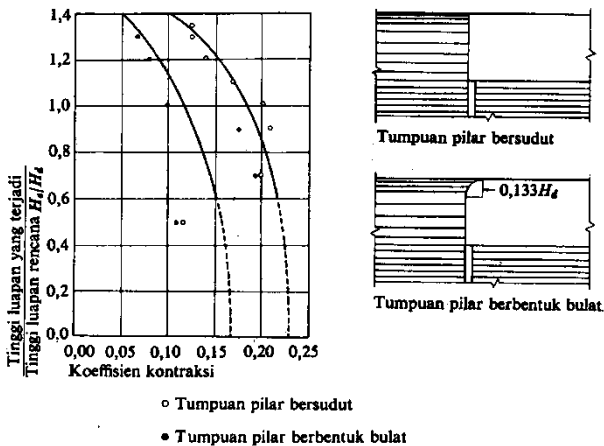
dimana:

- L = panjang efektif pelimpah
L' = panjang pelimpah sesungguhnya
K_p = koefisien kontraksi pada pilar

K_a = koefisien kontraksi pada dinding samping
 H = tinggi tekanan total di atas mercu pelimpah.



Gambar 2.5 Koefisien kontraksi pilar (sesuai dengan bentuk depan masing-masing pilar)



Gambar 2.6 Koefisien kontraksi dinding samping (sesuai dengan bentuk tumpuan)

4. Profil Melintang *Spillway*

Perhitungan bentuk profil melintang *spillway* tipe Ogee bagian hilir dari titik tertinggi mercu menggunakan rumus (lengkung Harrold)

$$X^{1,85} = 2Hd^{0,85}Y \quad (3.5)$$

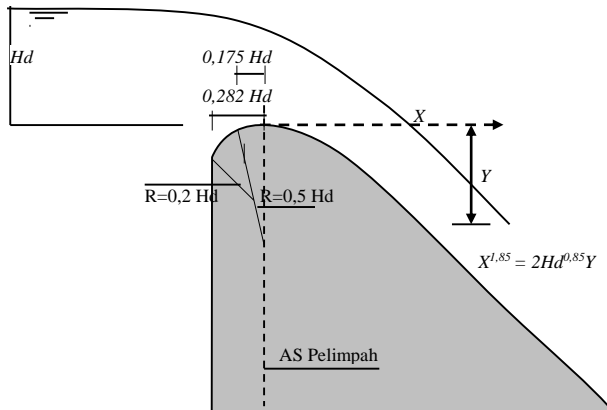
Perhitungan menjadi :

$$X^{1,850} = 2.(1,61)^{0,85} . Y$$

$$X^{1,850} = 3,22^{0,85} Y$$

$$Y = 0,3701X^{1,85}$$

Berikut adalah profil melintang *Spillway* tipe Ogee :



Gambar 2.7 Profil Melintang *Spillway* Tipe Ogee

5. Saluran Transisi

Saluran pengatur merupakan saluran yang berada di hilir dari pelimpah yang dipersiapkan untuk menstabilkan aliran sebelum masuk ke saluran peluncur. Sedangkan saluran transisi merupakan saluran untuk menyesuaikan lebar saluran dari lebar pelimpah ke lebar saluran peluncur.

Saluran pengatur ini dipakai konsep peredam energi dari hasil limpasan air dari pelimpah dengan harapan aliran yang masuk ke saluran transisi sudah tenang sehingga efek dari saluran transisi yang melengkung dapat di kurangi. Debit desain yang

dipakai dalam perencanaan ini adalah debit *routing* yang melalui pelimpah.

$$V_1 = \sqrt{2 * g * (Z - y_1)}$$

$$q = V_1 * y_1$$

$$Fr = \frac{V_1}{\sqrt{g * y_1}}$$

$$\frac{y_2}{y_1} = 1/2 * \left(\sqrt{1 + 8 * Fr^2} - 1 \right)$$

dimana :

V_1 = kecepatan awal loncatan (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

Z = tinggi jatuh (m)

He = tinggi energi di atas pelimpah (m)
= $H + V^2/(2.g)$

y_1 = kedalaman air di awal loncatan (m)

q = debit persatuan lebar (m³/dt/m)

Fr = bilangan Froude

y_2 = ketinggian air di akhir loncatan

Saluran transisi direncanakan dengan panjang 11 meter. Perhitungan tinggi muka air di saluran transisi dengan memakai persamaan Bernoulli. Saluran transisi ini direncanakan dengan kondisi awal saluran kondisi aliran sub kritis dan akhir saluran pada kondisi aliran kritis

$$d_1 + \frac{v_1^2}{2g} = d_c + \frac{v_c^2}{2g} + k \frac{v_1^2 - v_c^2}{2g} + hm$$

dimana :

d_1 = kedalaman aliran di awal saluran

v_1 = kecepatan aliran diawal saluran

d_c = kedalaman aliran kritis di akhir saluran

v_c = kecepatan kritis di akhir saluran
 k = koefisien kehilangan akibat perubahan penampang
 g = percepatan gravitasi
 h_m = kehilangan tinggi tekan akibat gesekan

$$= \Delta L * \frac{n^2 * v^2}{R^{3/4}}$$

6. Hidraulika Saluran Peluncur

Setelah mengetahui tinggi muka air pada bagian hulu peluncur, maka tahapan selanjutnya ialah menentukan kemiringan dan panjang saluran peluncur. Penentuan kemiringan dan panjang peluncur ditentukan dari keadaan topografinya. Kemiringan saluran peluncur diusahakan sama dengan kemiringan lahan, dengan maksud agar galian yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

Dengan menggunakan persamaan Bernouli, diperoleh keadaan aliran pada hilir saluran peluncur sebagai berikut :

Persamaan Bernouli :

$$Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_e + h_f$$

Dimana :

- Y_1 =kedalaman air di hulu saluran
- Y_2 =kedalaman air di hilir saluran
- V_1 = kecepatan air di hulu saluran
- V_2 = kecepatan air di hilir saluran
- h_e = kehilangan energi akibat perubahan penampang
- h_f = kehilangan energi akibat friksi saluran
- =Sf. Δx

7. Perencanaan Peredam Energi

Sebelum aliran yang melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi kedalam sungai, maka aliran yang berada dalam kondisi superkritis harus diperlambat dan diubah dalam kondisi sub-kritis.

Peredam energi Embung Kates direncanakan dengan menggunakan USBR. Adapun secara spesifik tipe yang digunakan tergantung pada nilai bilangan Froude dari aliran yang masuk ke peredam energi

Bilangan Froude diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$Fr_u = \frac{V}{\sqrt{g \cdot Y}}$$

dimana :

Fr_u = Bilangan Froude

V = Kecepatan air (m/dt)

g = Percepatan gravitasi (= 9,81 m/dt²)

Y = Kedalaman air (m)

2.10 Perencanaan Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan direncanakan berupa *intake tower* dengan memanfaatkan terowongan pengalok sebagai salurannya, dimana dimensinya ditentukan berdasarkan debit maksimum kebutuhan air irigasi dan non irigasi. Debit maksimum yang dikerluarkan untuk keperluan air irigasi sebesar 0,1316 m³/dt.

Sesuai dengan perhitungan sedimentasi di embung sebesar 32467.90 m³ selama usia guna 30 tahun maka inlet direncanakan ditempatkan pada elevasi + 352 m sesuai dengan kurva tampungan waduk.

Bangunan pengambilan direncanakan tipe intake tower dengan pipa pengambilan dari beton dengan diameter 1,2 m berubah secara beraturan (*Gradual Contraction*) menjadi 1,00 dihubungkan ke baja dengan tebal 16 mm.

2.9.1 Kehilangan Energi

a. Pada *Entrance*

$$h_e = f_e x \frac{V^2}{2g}$$

dengan :

h_e = kehilangan energi pada entrance

f_e = koefisien

b. *Gradual Contraction*

$$h_{ge} = k \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (k = 0,04 ; \text{P.K. Abdul Latieef, 1977})$$

c. Pada *trash rack*

$$h_{tr} = f_r x \frac{V^2}{2g}$$

dengan :

h_{tr} = kehilangan energi pada trash rack

f_r = $\beta \times \sin \phi \times (t/b)^{4/3}$

= 2.24

β = 90°

t = tebal trashrack = 0,016 m

b = jarak antara kisi-kisi = 0,075 m

d. Akibat geser

$$h_f = \frac{fL}{d} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$hf = \frac{fL}{d} x \frac{V^2}{2g}$$

dengan :

f = koefisien untuk pipa baru

$$= 0.005 \left(1 + \frac{1}{12d} \right)$$

L = panjang pipa (15.00 m)

$$D = \text{diameter pipa (rata-rata)} \left(\frac{1.5 + 1}{2} \right) = 1.25 \text{ m}$$

d. Pada *Outlet*

$$hf = \frac{v^2}{2g}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Metode yang dipakai dalam studi kali ini ialah dengan mengacu pada beberapa pokok pemikiran dan teori, yang diharapkan dapat memperoleh cara untuk merencanakan Embung Janjing Kec. Trawas, Kab. Mojokerto sebagai penyedia air kebutuhan irigasi

1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan langkah awal untuk proses pengerjaan Tugas Akhir yang meliputi :

- a) Mengurus surat-surat permohonan data penunjang yang diperlukan proposal, surat pengantar dari instansi yang terkait Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, Jl. Menganti No. 312 Surabaya.
- b) Mencari Informasi sekaligus meminta data-data kepada instansi yang terkait yaitu, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, Jl. Menganti No. 312 Surabaya.
- c) Mencari, mengumpulkan dan mempelajari referensi dari segala bentuk kegiatan yang dapat mendukung dalam penyusunan proyek Tugas Akhir Terapan.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimaksudkan untuk menunjang keperluan tugas akhir ini. Data-data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder.

- a) Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil survey dan pengamatan langsung. Data-data yang diperlukan adalah hasil survei dan pengamatan langsung berupa foto dokumentasi.
- b) Data sekunder adalah data yang didapatkan dari instansi yang berkaitan yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. Data-data yang diperlukan adalah :

- c) Skema jaringan dan skema bangunan, untuk mengetahui sejauh mana daerah yang menjadi tujuan suplei air irigasi dan luasannya
- d) Data klimatologi 5 tahun terakhir atau lebih berupa data curah hujan, data temperatur, data kelembaban relatif, data lama penyinaran matahari dan data kecepatan angin.
- e) Data intensitas tanam
- f) Data debit sungai kali sadar 5 tahun terakhir atau lebih

3. Penyusunan Konsep dan Analisis

- a) Analisa Klimatologi yang akan membahas perhitungan evapotranspirasi yang terjadi
- b) Perencanaan pola tanam sebagai alternatif yang akan diambil guna untuk mencapai kondisi yang maksimal
- c) Analisa kebutuhan air dari tiap pola tanam yang disajikan
- d) Merencanakan desain hidrolis embung dengan beberapa metode

4. Penyusunan Laporan Tugas Akhir Terapan

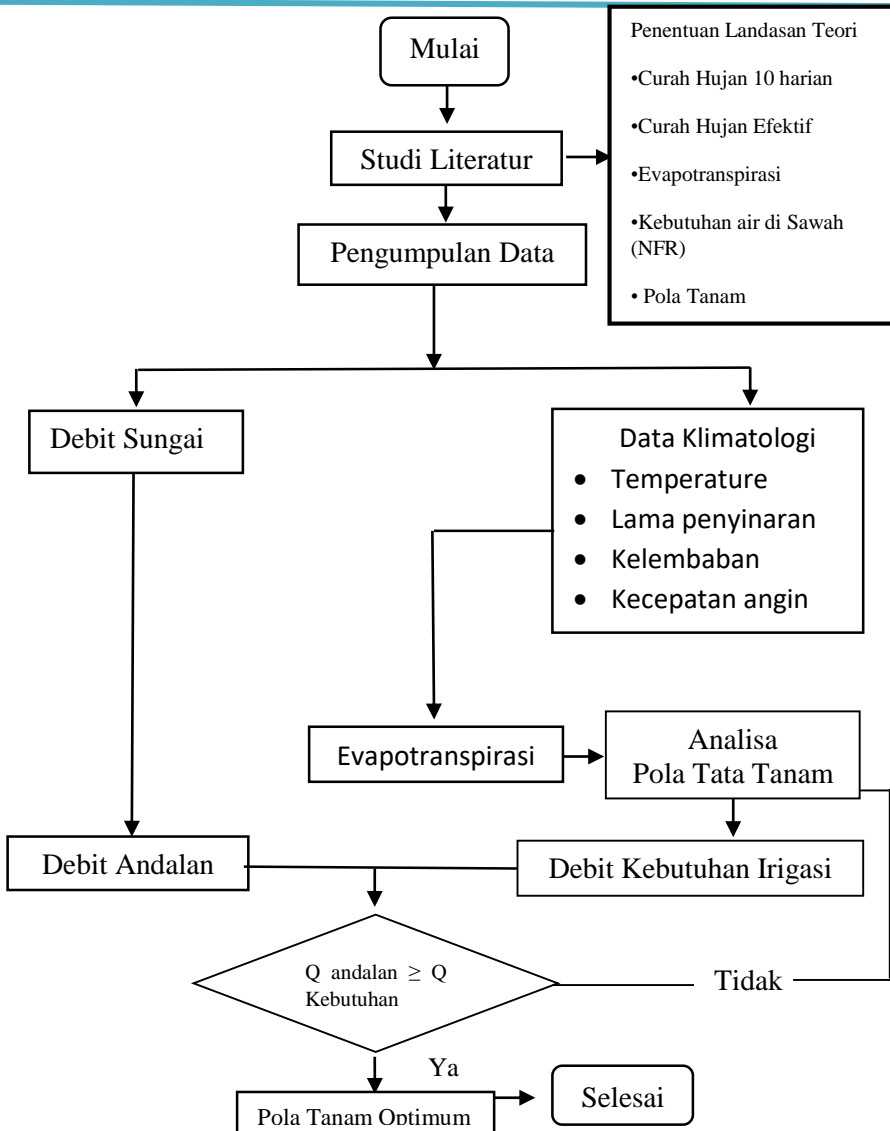
- a) Perhitungan analisa menggunakan *microsoft excel*
- b) Penggambaran skema jaringan dan skema bangunan yang baru menggunakan Autocad.

5. Kesimpulan dan saran

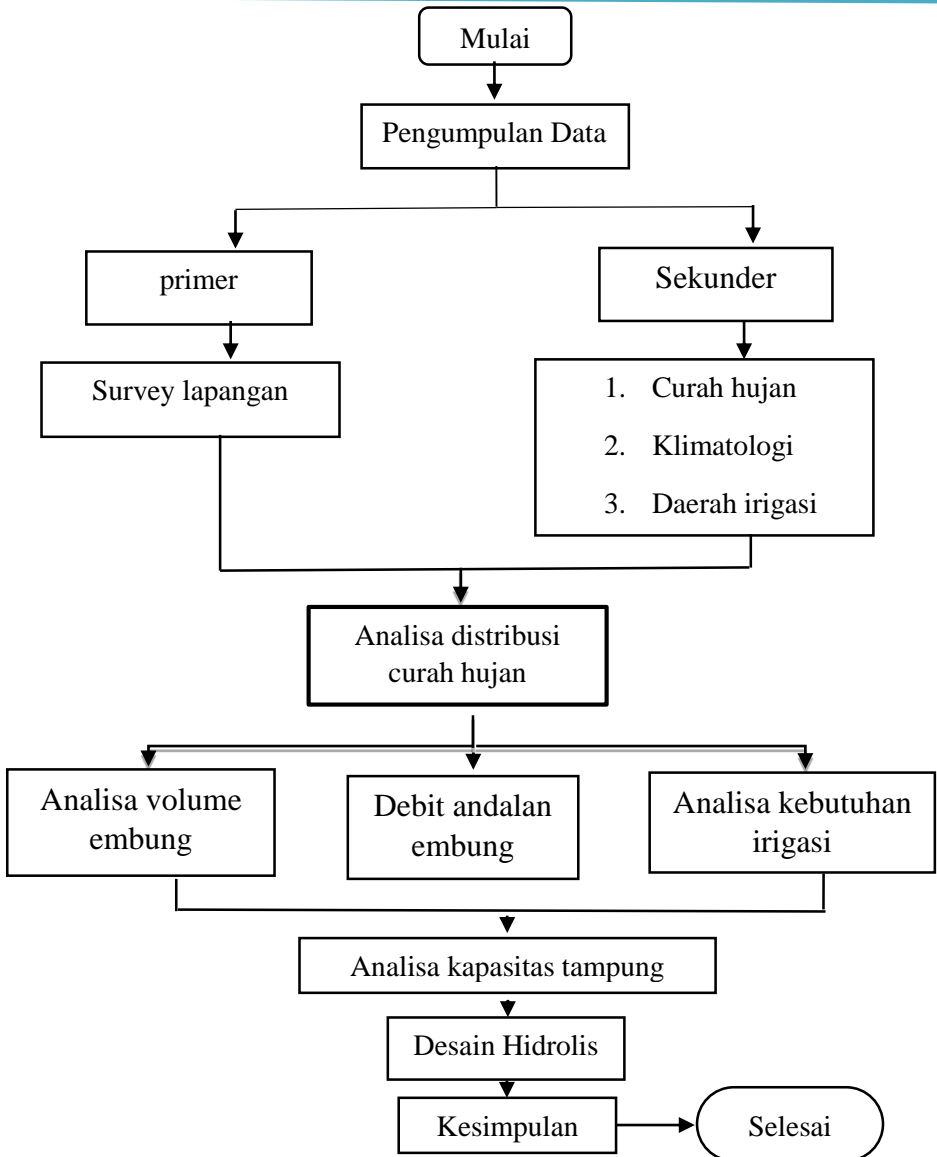
Kesimpulan dan Saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada.

3.2 Bagan Alir

Untuk mempermudah dalam melaksanakan penelitian, maka disusun diagram alur penelitian sebagai pedoman melaksanakan langkah-langkah mulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, tahap analisa, sampai dengan pengambilan keputusan dan merangkumnya dalam kesimpulan dan saran. Ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.2



Gambar 3.1 Bagan Alir mencari Kebutuhan Air Irigasi



Gambar 3.2 Bagan Alir mencari Desain Hidrolis Embung

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 Data Klimatologi

Tugas Akhir Terapan ini membutuhkan data klimatologi tahun 2016 sebagai berikut :

1. Data Temperatur
2. Data Kecepatan Angin
3. Data Lama Penyinaran Matahari
4. Data Kelembaban

Data- data klimatologi ini ditunjukkan pada tabel 4.1 sampai tabel 4.4 yang didapatkan dari BMKG Juanda Surabaya

4.2 Data Debit

Tugas Akhir Terapan ini membutuhkan data debit yang berkaitan sebagai berikut :

1. Data debit sungai
2. Data debit andalan

Data-data debit ini ditunjukkan pada tabel 4.5 sampai 4.6 yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Surabaya

4.3 Data Irigasi

Tugas akhir ini membutuhkan data irigasi yang berkaitan dengan Embung Janjing yaitu data sistem jaringan irigasi

Data-data irigasi ini ditunjukkan pada lampiran gambar Sistem Jaringan didapatkan dari UPTD Mojosari

Tabel 4.1 Temperatur

TANGGAL	Tahun 2015					Tahun 2016						
	NOP	DES	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT
1	30,5	31,2	29,8	28,8	27,9	27,4	29,2	28,9	27,7	27,7	29,4	28,3
2	31,1	30,7	29,1	28,5	28,0	29,0	29,3	29,0	28,0	28,9	29,1	26,9
3	30,9	30,1	29,6	28,3	27,7	28,9	29,1	29,2	28,2	27,0	28,6	28,3
4	30,6	29,2	29,4	27,8	27,9	29,7	29,7	28,8	29,4	27,8	29,4	27,9
5	30,1	30,0	29,5	27,2	27,5	29,0	30,3	29,1	29,0	27,5	29,4	29,8
6	29,5	27,5	30,1	28,2	28,2	29,2	29,4	29,0	28,4	27,9	29,4	29,9
7	30,5	28,7	30,6	27,2	28,3	28,8	29,0	29,4	28,8	28,0	29,2	29,4
8	30,2	29,8	30,6	27,4	29,8	30,0	28,2	28,9	28,1	28,5	29,3	28,4
9	30,5	29,4	29,9	28,1	29,0	27,6	28,9	29,1	28,9	29,0	29,3	26,5
10	29,8	30,6	29,5	26,7	30,0	28,0	29,2	28,9	28,5	27,8	29,1	26,8
11	30,0	29,6	28,6	26,8	29,5	29,3	29,3	29,5	28,5	27,6	28,7	28,5
12	30,4	30,0	29,4	26,7	28,3	28,8	29,6	29,4	28,3	28,6	29,1	29,1
13	30,6	30,1	30,6	28,6	29,7	28,2	30,6	29,0	28,5	28,2	28,9	26,8
14	30,6	27,2	30,4	28,7	28,5	28,8	30,6	27,6	28,3	28,3	28,6	28,8
15	30,2	27,7	31,0	27,9	29,3	27,2	29,6	27,7	28,3	28,4	29,3	29,5
16	30,6	27,7	30,0	27,7	29,1	30,2	30,2	29,0	27,0	28,4	29,1	29,6
17	31,0	27,6	29,6	28,1	29,5	29,7	29,5	28,4	28,1	28,8	30,1	29,8
18	31,1	28,1	28,3	28,5	28,9	28,9	29,7	28,8	26,9	28,3	30,0	29,7
19	31,3	27,6	28,5	29,5	28,8	29,4	30,0	26,3	28,0	28,3	29,9	29,9
20	30,8	28,6	27,1	28,3	29,9	30,1	29,5	27,4	27,0	27,9	29,9	30,8
21	31,0	29,0	28,2	27,1	29,3	29,2	28,4	28,3	26,8	27,3	28,2	27,9
22	30,9	28,4	27,8	28,4	29,4	28,7	29,5	28,6	27,7	27,3	30,5	27,5
23	31,9	29,7	26,5	26,9	28,6	29,0	29,8	28,2	28,1	26,7	29,1	25,5
24	31,1	28,9	26,4	27,0	29,1	29,9	29,7	28,2	27,9	27,0	26,8	27,2
25	29,4	29,1	27,0	27,5	29,4	30,5	29,5	28,6	27,9	27,6	28,3	27,3
26	29,3	28,9	26,1	27,4	29,2	30,7	30,4	28,5	27,7	27,8	26,9	28,5
27	29,5	28,7	27,4	27,2	29,6	29,4	28,7	28,4	27,6	29,0	29,2	27,0
28	30,3	27,9	28,7	27,7	28,8	29,7	28,7	27,3	28,9	29,8	28,1	29,0
29	30,4	28,1	30,0	28,4	28,4	29,6	28,7	27,7	28,8	29,1	29,0	29,1
30	30,5	28,8	29,9		28,5	29,8	27,3	26,1	28,3	29,6	28,7	29,7
31		28,6	28,6		27,5		27,7		27,6	30,0		29,9
Periode 1	30,4	29,6	29,9	27,8	28,6	28,6	29,5	28,9	28,4	28,1	29,1	28,3
Periode 2	30,6	28,5	28,1	27,8	29,0	29,6	29,2	28,0	27,8	28,3	28,9	28,6

Tabel 4.2 Kecepatan Angin

TANGGAL	Tahun 2015					Tahun 2016						
	NOP	DES	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT
1	10	12	10	18	15	9	12	10	9	9	12	18
2	15	14	10	21	14	10	11	12	10	9	12	8
3	12	9	9	10	10	11	9	10	13	11	11	13
4	10	20	9	11	8	16	8	8	11	11	10	8
5	15	17	11	12	9	9	10	10	12	13	14	10
6	14	14	11	10	14	12	9	10	15	8	12	9
7	12	12	8	9	8	10	18	9	11	11	16	9
8	12	14	14	13	8	9	7	10	10	10	4	13
9	10	13	9	13	8	11	7	13	13	16	14	18
10	9	8	14	8	9	8	9	10	11	15	13	14
11	10	11	11	12	16	10	7	12	11	10	14	17
12	15	12	10	9	8	9	13	11	9	15	14	10
13	12	10	10	11	13	9	16	11	11	14	9	14
14	10	10	12	8	7	16	12	13	11	12	12	12
15	11	8	10	15	9	14	11	15	15	14	15	8
16	11	12	10	11	8	9	12	12	11	15	12	16
17	13	16	13	15	8	12	8	12	11	14	15	12
18	12	14	11	9	11	10	10	11	12	12	14	9
19	15	14	10	10	11	12	10	12	8	17	10	13
20	12	15	11	10	8	14	11	8	12	10	10	17
21	14	14	11	10	9	12	11	7	11	11	11	16
22	15	14	10	15	14	11	10	10	10	10	10	12
23	14	14	11	15	10	12	9	9	10	13	14	7
24	10	12	12	18	8	11	9	10	12	15	10	11
25	15	11	19	12	20	15	12	11	13	11	15	11
26	16	11	12	10	14	17	12	10	10	9	8	11
27	13	12	11	14	12	9	12	10	10	15	10	14
28	10	8	11	15	10	11	13	14	14	12	12	9
29	10	10	16	18	8	9	12	14	10	12	10	11
30	11	13	15		16	17	13	7	15	15	10	13
31		9	18		10		10		13	12		8
Periode 1	11,8	12,3	10,5	12,0	10,4	10,9	10,6	10,9	11,5	11,9	12,1	12,1
Periode 2	12,7	12,2	12,6	13,0	11,1	12,1	10,9	10,5	11,4	12,7	11,4	11,9

Tabel 4.3 Lama Penyinaran Matahari

TANGGAL	Tahun 2015					Tahun 2016						
	NOP	DES	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT
1	100	98	85	64	69	26	50	84	81	100	100	93
2	96	95	88	36	39	93	75	100	89	90	100	0
3	98	89	81	40	61	81	75	100	98	66	71	0
4	100	70	51	43	73	100	98,75	94	100	93	96	0
5	100	85	46	10	31	75	67,5	68	100	85	85	79
6	69	34	86	88	55	64	48,75	84	94	64	98	86
7	60	36	100	23	93	45	82,5	94	100	85	100	0
8	85	88	96	30	73	69	65	71	100	69	100	0
9	83	88	90	46	75	44	27,5	65	90	99	81	0
10	79	75	78	15	78	28	100	116	100	64	100	41
11	100	73	36	1	66	90	85	100	73	73	100	60
12	91	85	95	0	74	91	85	100	61	100	100	68
13	95	88	96	29	96	21	100	75	84	50	50	0
14	88	0	100	95	69	88	93,75	24	90	75	100	0
15	100	0	100	8	99	19	95	18	65	100	91	0
16	100	0	94	35	63	98	85	95	3	100	68	0
17	100	15	75	98	79	36	97,5	79	65	88	91	100
18	100	35	74	100	48	75	100	6	58	95	76	100
19	100	21	54	88	43	100	100	5	95	73	96	0
20	100	73	31	55	75	75	55	100	34	100	94	98
21	100	38	69	25	63	66	50	53	70	100	56	0
22	100	81	49	76	73	21	100	65	69	100	74	51
23	100	74	20	81	44	98	100	100	100	100	91	0
24	100	73	20	75	100	91	98,75	91	98	100	49	58
25	40	38	19	79	100	90	91,25	93	100	56	45	0
26	83	95	20	54	96	65	90	98	100	100	58	55
27	70	76	51	49	99	93	50	44	100	85	70	0
28	63	65	84	96	44	93	75	38	100	98	48	81
29	88	96	90	70	26	100	51,25	31	100	94	66	0
30	99	93	75		48	0	0	0	100	100	48	98
31		63	90		43		71,25		96	100		63
Periode 1	89,5	66,8	81,9	35,1	69,9	62,2	76,6	79,4	88,3	80,8	91,5	28,4
Periode 2	89,4	58,4	57,1	70,0	65,0	73,3	75,9	59,8	80,4	93,0	68,6	43,9

Tabel 4.4 Kelembaban Relatif

TANGGAL	Tahun 2015					Tahun 2016						
	NOP	DES	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT
1	64	70	74	66,2	79	85	80	80	84	75	70	80
2	59	67	80	66,2	81	79	80	79	81	69	70	90
3	64	73	73	68,9	86	82	83	76	81	77	76	81
4	64	78	79	69,1	85	78	80	77	74	79	77	84
5	67	74	76	67,6	89	80	78	75	77	79	74	77
6	70	87	72	68,5	85	80	80	77	82	83	74	72
7	68	81	70	71,1	82	83	84	81	77	81	71	75
8	69	78	72	66,5	81	82	85	79	72	81	68	82
9	69	77	75	67,9	80	89	84	78	77	74	68	91
10	71	73	77	65,1	80	85	80	78	83	77	70	91
11	70	76	82	68,6	82	83	82	75	79	74	67	77
12	68	74	74	64,5	81	84	80	76	83	72	69	78
13	68	74	72	68,7	79	83	76	79	85	78	70	90
14	66	85	73	68,0	84	82	77	84	82	76	71	75
15	67	83	73	67,1	78	91	80	84	85	76	72	71
16	64	80	70	63,8	78	79	75	78	87	74	78	72
17	63	81	76	67,8	80	80	78	84	85	77	72	67
18	65	78	84	69,3	81	81	74	81	89	77	72	67
19	64	81	85	63,8	82	79	77	88	77	65	74	69
20	65	78	92	63,3	80	74	82	81	90	66	73	71
21	64	74	82	63,1	82	77	80	82	85	71	82	82
22	66	77	84	65,1	80	80	79	79	85	68	70	87
23	60	71	92	62,8	81	79	73	80	84	73	79	93
24	70	76	88	65,3	81	77	77	80	79	76	88	81
25	74	73	88	70,1	81	73	77	77	76	71	80	83
26	76	76	88	78,5	79	67	72	77	75	75	84	80
27	75	80	84	72,3	77	71	77	79	77	81	76	84
28	75	83	73	70,0	82	77	79	84	73	72	79	77
29	73	83	74	73,1	83	77	84	87	70	75	79	77
30	69	77	77		86	78	87	92	73	72	79	71
31		81	81		85		80	80	80	67		70
Periode 1	66,9	76,6	74,8	67,7	82,8	82,4	81,3	78,1	78,8	77,5	71,9	82,3
Periode 2	68,2	78,1	82,4	66,5	80,5	81,6	77,9	81,1	84,3	73,6	71,9	73,5

Tabel 4.5 Debit Sungai

No	Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Okt		Nov		Des	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2007	0.239	0.313	0.976	1.003	0.837	0.968	0.837	0.630	0.376	0.338	0.345	0.330	0.334	0.285	0.291	0.261	0.267	0.255	0.244	0.219	0.224	0.214	0.205	0.184
2	2008	0.320	0.381	1.066	0.663	1.067	0.978	0.462	0.377	0.399	0.316	0.323	0.309	0.296	0.266	0.271	0.243	0.249	0.238	0.228	0.204	0.209	0.647	0.757	0.806
3	2009	0.820	1.098	0.816	0.943	0.985	0.602	0.574	0.585	0.731	0.828	0.615	0.447	0.428	0.384	0.392	0.352	0.359	0.344	0.329	0.296	0.302	0.395	0.506	0.412
4	2010	0.787	1.238	1.123	1.111	0.745	0.892	0.783	0.643	0.523	0.559	0.547	0.439	0.420	0.377	0.385	0.392	0.486	0.418	0.590	0.443	0.641	0.425	1.226	0.593
5	2011	0.801	1.016	0.706	1.052	0.662	0.804	0.902	0.795	0.848	0.473	0.483	0.596	0.454	0.407	0.416	0.373	0.381	0.365	0.349	0.313	0.750	0.466	0.600	0.686
6	2012	0.881	0.934	0.725	1.020	0.704	0.483	0.612	0.429	0.486	0.383	0.482	0.379	0.424	0.327	0.334	0.300	0.306	0.293	0.281	0.252	0.257	0.246	0.396	0.320
7	2013	0.469	0.248	0.463	0.575	0.551	0.410	0.270	0.258	0.247	0.445	0.400	0.458	0.267	0.315	0.242	0.217	0.222	0.213	0.203	0.183	0.187	0.404	0.503	0.290
8	2014	0.471	0.758	0.918	0.881	0.592	0.536	0.778	0.619	0.542	0.379	0.376	0.568	0.499	0.320	0.327	0.293	0.300	0.287	0.275	0.246	0.252	0.241	0.295	0.915
9	2015	0.441	0.945	0.607	0.702	0.977	0.629	0.545	0.640	0.564	0.399	0.397	0.587	0.518	0.337	0.344	0.309	0.315	0.302	0.289	0.259	0.265	0.254	0.307	0.927
Rerata (m ³ /detik)		0.581	0.770	0.822	0.883	0.791	0.700	0.640	0.553	0.524	0.458	0.441	0.457	0.404	0.335	0.334	0.304	0.321	0.302	0.310	0.268	0.343	0.366	0.533	0.570
Rerata (l/detik)		581	770.11	822.2	883.3	791.1	700.2	640.3	552.89	524	457.8	440.89	457	404.44	335.33	333.6	304.4	320.6	301.67	309.8	268.3	343	365.8	532.78	570.3

Sumber: Laporan Penunjang Hidrologi dan Hidrometri SID Pembangunan Embung Dikabupaten Mojokerto, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas

Tabel 4.6 Debit Andalan

No	Prob %	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	10000	0.881	1.238	1.123	1.111	1.067	0.978	0.902	0.795	0.848	0.828	0.615	0.596	0.518	0.407	0.416	0.392	0.486	0.418	0.590	0.443	0.750	0.647	1.226	0.927
2	20000	0.820	1.098	1.096	1.052	0.985	0.968	0.837	0.643	0.731	0.559	0.547	0.587	0.499	0.384	0.392	0.373	0.381	0.365	0.349	0.313	0.641	0.466	0.757	0.916
3	30000	0.801	1.016	0.975	1.020	0.977	0.892	0.783	0.640	0.564	0.473	0.483	0.568	0.454	0.377	0.385	0.352	0.359	0.344	0.329	0.296	0.302	0.425	0.600	0.806
4	40000	0.787	0.945	0.918	1.003	0.837	0.804	0.778	0.630	0.542	0.445	0.482	0.458	0.428	0.337	0.344	0.309	0.315	0.302	0.289	0.259	0.265	0.404	0.506	0.686
5	50000	0.471	0.934	0.816	0.943	0.745	0.629	0.612	0.619	0.523	0.399	0.400	0.447	0.424	0.327	0.334	0.300	0.306	0.293	0.281	0.252	0.257	0.395	0.503	0.593
6	60000	0.469	0.756	0.725	0.881	0.704	0.602	0.574	0.585	0.486	0.383	0.397	0.439	0.420	0.320	0.327	0.293	0.300	0.287	0.275	0.248	0.252	0.254	0.396	0.412
7	70000	0.441	0.361	0.706	0.702	0.662	0.536	0.545	0.429	0.399	0.379	0.376	0.379	0.334	0.315	0.291	0.261	0.267	0.255	0.244	0.219	0.224	0.246	0.307	0.320
8	80000	0.320	0.313	0.607	0.863	0.592	0.438	0.463	0.377	0.376	0.338	0.345	0.330	0.296	0.285	0.271	0.243	0.249	0.238	0.228	0.204	0.209	0.241	0.295	0.290
9	90000	0.239	0.248	0.483	0.575	0.551	0.410	0.270	0.285	0.247	0.316	0.323	0.309	0.267	0.266	0.242	0.217	0.222	0.213	0.203	0.183	0.187	0.214	0.205	0.184
Q (m³/det)	80	0.320	0.313	0.607	0.863	0.592	0.438	0.463	0.377	0.376	0.338	0.345	0.330	0.296	0.285	0.271	0.243	0.249	0.238	0.228	0.204	0.209	0.241	0.295	0.290
Q (l/det)	80	320	313	607	863	592	438	463	377	376	338	345	330	296	285	271	243	249	238	228	204	209	241	295	290

Sumber: Laporan Penunjang Hidrologi dan Hidrometri SID Pembangunan Embung Dikabupaten Mojokerto, Balai Besar Wilayah Sungai Brantas

BAB V

ANALISA PERHITUNGAN

5.1 Analisa Hidrologi

Tabel 5.1 Pengukuran Distribusi

No	TAHUN	CH (mm)	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	1976	111	7,8	61,2	479,1	3749,2
2	1977	140	36,8	1356,1	49937,7	1838954,7
3	1978	77	-26,2	685,1	-17933,3	469404,0
4	1979	130	26,8	719,6	19302,8	517796,3
5	1980	77	-26,2	685,1	-17933,3	469404,0
6	1981	97	-6,2	38,1	-235,5	1453,9
7	1982	77	-26,2	685,1	-17933,3	469404,0
8	1983	100	-3,2	10,1	-32,0	101,6
9	1984	129	25,8	666,9	17223,5	444796,5
10	1985	110	6,8	46,6	317,9	2169,8
11	1986	86	-17,2	295,0	-5066,3	87013,6
12	1987	123	19,8	393,0	7791,8	154473,1
13	1988	87	-16,2	261,6	-4231,9	68450,6
14	1989	80	-23,2	537,1	-12446,8	288455,6
15	1990	143	39,8	1586,0	63163,7	2515493,1
16	1991	175	71,8	5158,8	370533,0	26613533,4
17	1992	92	-11,2	124,9	-1395,5	15595,2
18	1993	102	-1,2	1,4	-1,6	1,9
19	1994	175	71,8	5158,8	370533,0	26613533,4
20	1995	97	-6,2	38,1	-235,5	1453,9
21	1996	98	-5,2	26,8	-138,6	717,2
22	1997	96	-7,2	51,5	-369,4	2650,3
23	1998	63	-40,2	1614,0	-64843,7	2605094,9
24	1999	170	66,8	4465,6	298412,4	19941410,3
25	2000	70	-33,2	1100,6	-36511,8	1211277,7
26	2001	59	-44,2	1951,4	-86204,4	3808081,5
27	2002	120	16,8	283,1	4762,8	80134,6
28	2003	85	-18,2	330,3	-6003,8	109118,3
29	2004	86	-17,2	295,0	-5066,3	87013,6
30	2005	85	-18,2	330,3	-6003,8	109118,3
31	2006	95	-8,2	66,8	-546,3	4466,3
32	2007	200	96,8	9375,1	907742,2	87892136,7
33	2008	85	-18,2	330,3	-6003,8	109118,3
34	2009	85	-18,2	330,3	-6003,8	109118,3
35	2010	105	1,8	3,3	6,1	11,1
36	2011	95	-8,2	66,8	-546,3	4466,3
37	2012	67	-36,2	1308,6	-47339,7	1712514,1
38	2013	98	-5,2	26,8	-138,6	717,2
39	2014	77	-26,2	685,1	-17933,3	469404,0
40	2015	80	-23,2	537,1	-12446,8	288455,6
Jumlah		4127	0,00	41687,78	1736660,70	179120262,34
Rata-rata (\bar{X})		103,18				

Berikut ini contoh perhitungan parameter statistik curah hujan untuk tahun

2005 adalah sebagai berikut :

$$X_i = 111,00$$

$$X = 103,18$$

Sehingga parameter statistik curah hujannya adalah sebagai berikut :

$$(X_i - X) = 7,83$$

$$(X_i - X)^2 = 61,23$$

$$(X_i - X)^3 = 479,13$$

$$(X_i - X)^4 = 3749,19$$

S, Cs, Ck Normal

Deviasi Standart (S)

$$S = 32,69$$

Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = 1,341$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = 4,574$$

Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = 0,317$$

Tabel 5.2 Parameter Cs, Ck, dan Cv Normal

Cs	=	1,341
Ck	=	4,574
Cv	=	0,317

S,Cs,Ck Log

Deviasi Standart (S)

$$S = 0,124$$

Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = 0,689$$

Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = 3,322$$

Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = 0,001$$

Tabel 5.3 Parameter Cs,Ck,dan Cv Log

$$Cs = \mathbf{0,689}$$

$$Ck = \mathbf{3,322}$$

$$Cv = \mathbf{0,001}$$

Tabel 5.4 Menentukan Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hitungan	Keterangan
1	Distribusi Normal	$Cs = 0$	$Cs = 0.682$	Tidak Dipilih
2	Distribusi Gumbel Tipe 1	$Cs \leq 1,1396$ $Ck \leq 5,4002$	$Cs = 1,341 \leq 1,1396$ $Ck = 4,574 \leq 5,4002$	Tidak Dipilih
3	Distribusi Log Pearson Tipe III	Bebas	Bebas	Dipilih

Tabel 5.5 Distribusi Log Person Tipe III

Tahun	CH rata rata (X)	log X	(log X-log Xrat)	(log X-log Xrat) ²	(log X-log Xrat) ³	(log X-log Xrat) ⁴
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1976	111	2,045	0,050	0,003	0,000	0,000
1977	140	2,146	0,151	0,023	0,003	0,001
1978	77	1,886	-0,109	0,012	-0,001	0,000
1979	130	2,114	0,119	0,014	0,002	0,000
1980	77	1,886	-0,109	0,012	-0,001	0,000
1981	97	1,987	-0,008	0,000	0,000	0,000
1982	77	1,886	-0,109	0,012	-0,001	0,000
1983	100	2,000	0,005	0,000	0,000	0,000
1984	129	2,111	0,115	0,013	0,002	0,000
1985	110	2,041	0,046	0,002	0,000	0,000
1986	86	1,934	-0,061	0,004	0,000	0,000
1987	123	2,090	0,095	0,009	0,001	0,000
1988	87	1,940	-0,056	0,003	0,000	0,000
1989	80	1,903	-0,092	0,008	-0,001	0,000
1990	143	2,155	0,160	0,026	0,004	0,001
1991	175	2,243	0,248	0,061	0,015	0,004
1992	92	1,964	-0,031	0,001	0,000	0,000
1993	102	2,009	0,013	0,000	0,000	0,000
1994	175	2,243	0,248	0,061	0,015	0,004
1995	97	1,987	-0,008	0,000	0,000	0,000
1996	98	1,991	-0,004	0,000	0,000	0,000
1997	96	1,982	-0,013	0,000	0,000	0,000
1998	63	1,799	-0,196	0,038	-0,008	0,001
1999	170	2,230	0,235	0,055	0,013	0,003
2000	70	1,845	-0,150	0,023	-0,003	0,001
2001	59	1,771	-0,224	0,050	-0,011	0,003
2002	120	2,079	0,084	0,007	0,001	0,000
2003	85	1,929	-0,066	0,004	0,000	0,000
2004	86	1,934	-0,061	0,004	0,000	0,000
2005	85	1,929	-0,066	0,004	0,000	0,000
2006	95	1,978	-0,017	0,000	0,000	0,000
2007	200	2,301	0,306	0,094	0,029	0,009
2008	85	1,929	-0,066	0,004	0,000	0,000
2009	85	1,929	-0,066	0,004	0,000	0,000
2010	105	2,021	0,026	0,001	0,000	0,000
2011	95	1,978	-0,017	0,000	0,000	0,000
2012	67	1,826	-0,169	0,029	-0,005	0,001
2013	98	1,991	-0,004	0,000	0,000	0,000
2014	77	1,886	-0,109	0,012	-0,001	0,000
2015	80	1,903	-0,092	0,008	-0,001	0,000
Jumlah		79,806		0,603	0,049	0,027
Rata-rata (X) =		1,995				

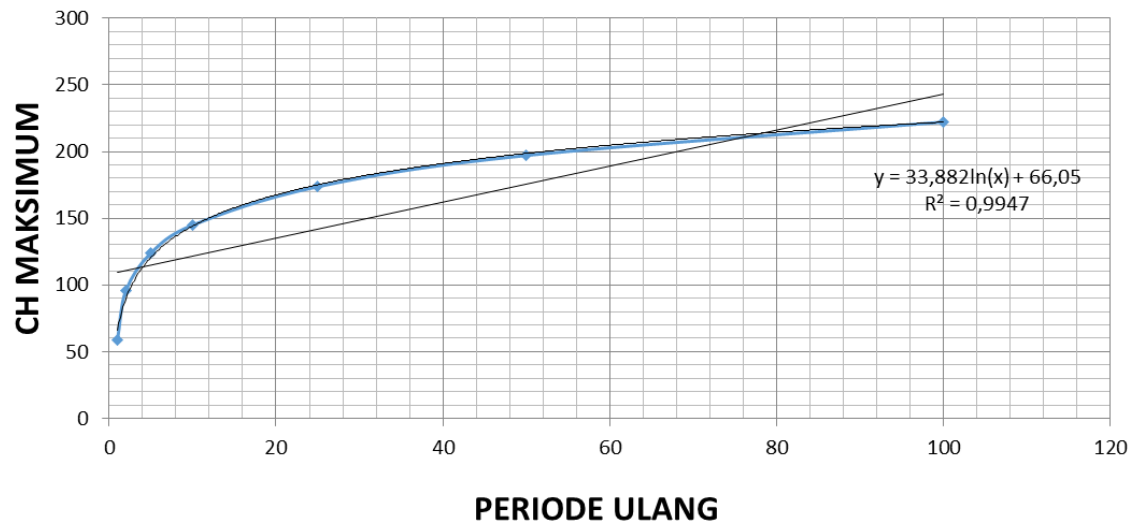
$$\begin{aligned}n &= 40 \\ \log X \text{ rata2} &= 1,995 \\ S \log X &= 0,124 \\ C_s &= 0,689 \\ C_k &= 0,375\end{aligned}$$

$$\text{Log } X = \text{Log } X + K \cdot S \text{ Log } X$$

Log X1 = 1,770	Log X25 = 2,240
X1 = 58,951	X25 = 173,669
Log X1,25 = 1,889	Log X50 = 2,294
X1,25 = 77,376	X50 = 196,983
Log X2 = 1,981	Log X100 = 2,346
X2 = 95,661	X100 = 221,960
Log X5 = 2,093	Log X200 = 2,396
X5 = 123,989	X200 = 248,819
Log X10 = 2,161	Log X1000 = 2,506
X10 = 144,842	X1000 = 320,291

Tabel 5.6 CH max dengan periode ulang

No	CH Max (MM)	Periode Ulang (Tahun)	Peluang (%)
1	58,951	1,0101	99
2	77,376	1,25	80
3	95,66	2	50
4	123,99	5	20
5	144,84	10	10
6	173,67	25	4
7	196,98	50	2
8	221,96	100	1
9	248,819	200	0,5
10	320,291	1000	0,1



Gambar 5.1 Grafik Distribusi Log Person III

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hujan Rencana

No	Periode Ulang	HUJAN RANCANGAN (mm)
	(Tahun)	Metode Log Pearson III
1	2	95,661
2	5	123,989
3	10	144,842
5	25	173,669
6	50	196,983
7	100	221,960
8	200	248,819
9	1000	320,291

Mononobe

Tabel 5.8 Rekapitulasi R_{24}

No	Periode Ulang (Tahun)	R_{24} (mm)	C	R_{eff} (mm)
1	2	95,661	0,768	73,468
2	5	123,989	0,768	95,223
3	10	144,842	0,768	111,239
4	25	173,669	0,768	133,378
5	50	196,983	0,768	151,283
6	100	221,960	0,768	170,465
7	200	248,819	0,768	191,093
8	1000	320,291	0,768	245,984

$$I = \frac{R_{24}}{24} * \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

1. Perhitungan rata-rata hujan pada jam ke-t

1	R1 =	0,550
2	R2 =	0,347
3	R3 =	0,265
4	R4 =	0,218
5	R5 =	0,188
6	R6 =	0,167

2. Perhitungan tinggi curah hujan pada jam ke-t

Rumus :

$$R't = t * R_t - (t-1) * R * (t-1)$$

$$R_1 = 1R_1 = 0.585 R_{24}$$

$$R_2 = 2R_2 - 1R_1 = (0.736 - 0.368) = 0.152 R_2$$

$$R_3 = 3R_3 - 2R_2 = (0.843 - 0.736) = 0.107 R_{24}$$

$$R_4 = 4R_4 - 3R_3 = (0.928 - 0.843) = 0.085 R_{24}$$

$$R_5 = 5R_5 - 4R_4 = (1 - 0.928) = 0.072 R_{24}$$

3. Perhitungan curah hujan efektif

$$R_{eff} = C \times X_t$$

*Hujan Diperkirakan selama : 6 jam

Tabel 5.9 Curah Hujan Efektif

No	CH Max (mm)	Periode Ulang (Tahun)	C	Reff (mm)
1	95,661	2	0,77	73,47
2	123,989	5	0,77	95,22
3	144,842	10	0,77	111,24
4	173,669	20	0,77	133,38
5	196,983	25	0,77	151,28
6	221,960	50	0,77	170,47
7	248,819	100	0,77	191,09
8	320,291	500	0,77	245,98

4. Perhitungan curah hujan efektif

Tabel 5.10 Curah Hujan Efektif
dengan rata-rata hujan pada jam ke-t

No	Periode Ulang (Tahun)	Reff (mm)	0,550	0,143	0,100	0,080	0,067	0,059
			R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)	R4 (mm)	R5 (mm)	R6 (mm)
1	2	73,468	40,431	10,509	7,372	5,869	4,956	4,332
2	5	95,223	52,403	13,621	9,555	7,606	6,423	5,615
3	10	111,239	61,217	15,912	11,162	8,886	7,504	6,559
4	25	133,378	73,400	19,078	13,383	10,654	8,997	7,864
5	50	151,283	83,254	21,639	15,180	12,084	10,205	8,920
6	100	170,465	93,811	24,383	17,104	13,617	11,499	10,051
7	200	191,093	105,163	27,334	19,174	15,264	12,890	11,268
8	1000	245,984	135,370	35,186	24,682	19,649	16,593	14,504

Metode Nakayasu

Data yang ada :

Luas DAS (A) = 9,34 Km²

Panjang Saluran (L) = 9,6 Km

Koefisien (α) = 2

Tinggi Curah Hujan Satuan (Ro) = 1 mm

Koefisien Pengaliran (C) = 1

Satuan Waktu Hujan (tr) = 0,861 Jam

Waktu Mencapai Puncak (tg) =

(L < 15 Km)

• $T_g = 0,4 + 0,048 L$ = 0,861 jam

• $T_{0.3}$ = $T_g \times \alpha$

= 1,722 jam

• Waktu Konsentrasi Banjir (Tp) = $T_g + 0.8 tr$

= 1,549 jam

• Debit Puncak = 1,187 Km³/Jam

Tabel 5.11 Ordinat Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

No	Waktu	t/Tp	t-Tp	(t-Tp)/T0.3	$((t-Tp)+(0,5T_{0,3}))/((1,5T_{0,3}))$	$((t-Tp)+(1,5T_{0,3}))/((2T_{0,3}))$	UH	Keterangan
1	0	0,000	-1,841	-0,900	-0,267	0,300	0,000	Kurva Naik
2	1	0,543	-0,841	-0,411	0,059	0,544	0,231	
3	2	1,086	0,159	0,078	0,385	0,789	1,218	
4	3	1,629	1,159	0,567	0,711	1,033	0,505	Qt1
5	4	2,173	2,159	1,055	1,037	1,278	0,280	
6	5	2,716	3,159	1,544	1,363	1,522	0,156	
7	6	3,259	4,159	2,033	1,689	1,767	0,131	Qt2
8	7	3,802	5,159	2,522	2,015	2,011	0,088	
9	8	4,345	6,159	3,011	2,340	2,255	0,060	
10	9	4,888	7,159	3,500	2,666	2,500	0,040	
11	10	5,431	8,159	3,988	2,992	2,744	0,027	
12	11	5,975	9,159	4,477	3,318	2,989	0,027	
13	12	6,518	10,159	4,966	3,644	3,233	0,020	
14	13	7,061	11,159	5,455	3,970	3,477	0,015	
15	14	7,604	12,159	5,944	4,296	3,722	0,011	
16	15	8,147	13,159	6,433	4,622	3,966	0,008	Qt3
17	16	8,690	14,159	6,921	4,948	4,211	0,006	
18	17	9,234	15,159	7,410	5,273	4,455	0,005	
19	18	9,777	16,159	7,899	5,599	4,700	0,003	
20	19	10,320	17,159	8,388	5,925	4,944	0,003	
21	20	10,863	18,159	8,877	6,251	5,188	0,002	
22	21	11,406	19,159	9,366	6,577	5,433	0,001	
23	22	11,949	20,159	9,854	6,903	5,677	0,001	
24	23	12,492	21,159	10,343	7,229	5,922	0,001	
25	24	13,036	22,159	10,832	7,555	6,166	0,001	

Tabel 5.12 Ordinat Hidrograf Banjir Nakayasu dengan Periode Ulang 50 tahun

T	U (t,l)	Akibat Hujan						Q50
		0-1 Jam	1-2 Jam	2-3 Jam	3-4 Jam	4-5 Jam	5-6 Jam	
(jam)	(m3/det)	83,254	21,639	15,180	12,084	10,205	8,920	(m3/det)
0	0	0,000						0,000
1	0,231	19,214	4,994					24,208
2	1,218	101,410	26,359	18,490				146,259
3	0,505	42,034	10,925	7,664	6,101			66,724
4	0,280	23,334	6,065	4,255	3,387	2,860		39,901
5	0,156	12,954	3,367	2,362	1,880	1,588	1,388	23,538
6	0,131	10,885	2,829	1,985	1,580	1,334	1,166	19,780
7	0,088	7,353	1,911	1,341	1,067	0,901	0,788	13,360
8	0,060	4,966	1,291	0,906	0,721	0,609	0,532	9,024
9	0,040	3,355	0,872	0,612	0,487	0,411	0,359	6,096
10	0,027	2,266	0,589	0,413	0,329	0,278	0,243	4,117
11	0,027	2,276	0,592	0,415	0,330	0,279	0,244	4,135
12	0,020	1,696	0,441	0,309	0,246	0,208	0,182	3,081
13	0,015	1,263	0,328	0,230	0,183	0,155	0,135	2,296
14	0,011	0,941	0,245	0,172	0,137	0,115	0,101	1,710
15	0,008	0,701	0,182	0,128	0,102	0,086	0,075	1,274
16	0,006	0,523	0,136	0,095	0,076	0,064	0,056	0,950
17	0,005	0,389	0,101	0,071	0,057	0,048	0,042	0,707
18	0,003	0,290	0,075	0,053	0,042	0,036	0,031	0,527
19	0,003	0,216	0,056	0,039	0,031	0,026	0,023	0,393
20	0,002	0,161	0,042	0,029	0,023	0,020	0,017	0,293
21	0,001	0,120	0,031	0,022	0,017	0,015	0,013	0,218
22	0,001	0,089	0,023	0,016	0,013	0,011	0,010	0,162
23	0,001	0,067	0,017	0,012	0,010	0,008	0,007	0,121
24	0,001	0,050	0,013	0,009	0,007	0,006	0,005	0,090

5,2 Klimatologi

1. Mencari tekanan uap jenuh

Tabel 5.13 hubungan antara suhu dengan tekanan uap, bobot, fungsi suhu

Suhu (T)	Ea	W	(1 - W)	f(t)
	mbar	Elevasi 1 - 250 m		
20	23,40	0,68	0,32	14,60
21	24,90	0,70	0,30	14,80
22	26,40	0,71	0,29	15,00
23	28,10	0,72	0,28	15,20
24	29,80	0,73	0,27	15,40
25	31,70	0,74	0,26	15,70
26	33,60	0,75	0,25	15,90
27	35,70	0,76	0,24	16,10
28	37,80	0,77	0,23	16,30
29	40,10	0,78	0,22	16,50
30	42,40	0,78	0,22	16,70
31	44,90	0,79	0,21	17,00
32	47,60	0,80	0,20	17,20
33	50,30	0,81	0,19	17,50
34	53,20	0,81	0,19	17,70
35	56,20	0,82	0,18	17,90
36	59,40	0,83	0,17	18,10
37	62,80	0,84	0,16	18,30
38	66,30	0,84	0,16	18,50
39	69,90	0,85	0,15	18,70

Di bulan November tahun 2015 periode 1

$$e_a = 42,4 + \left(\frac{30 - 30,4}{30 - 31} \right) \times (44,9 - 42,4) = 43,30 \text{ mbar}$$



2. Mencari tekanan uap nyata
Dibulan November tahun 2015 periode 1

$$e_d = e_a \times \frac{RH}{100}$$

$$e_d = 43,30 \times \frac{68,2}{100} = 29,93 \text{ mbar}$$
3. Mencari Fungsi Angin
Dibulan November 2015 periode 1

$$U = 0,27 \times \left(1 + \frac{U}{100}\right)$$

$$U = 0,27 \times \left(1 + \frac{11,9}{100}\right)$$

$$U = 0,302 \text{ mm/hari}$$
4. Mencari W (bobot)
Dibulan November tahun 2015 periode 1

$$W = 0,78 + \left(\frac{30-30,4}{30-31}\right) \times (0,79 - 0,78) = 0,784$$
5. Mencari Faktor Pembobotan
Dibulan Januari periode 1

$$(1-W) = 1 - 0,784$$

$$(1-W) = 0,216$$
6. Mencari Radiasi Gelombang Pendek

$$R_s = R_a \times \left(0,25 + \left(0,5 \times \frac{n/N}{100}\right)\right)$$

$$R_s = 16,0 \times \left(0,25 + \left(0,5 \times \frac{89,5}{100}\right)\right)$$

$$R_s = 11,15 \text{ mm/hari}$$
7. Mencari Radiasi Netto Gelombang Pendek

$$R_{ns} = 11,15 \times (1 - 0,75)$$

$$R_{ns} = 2,79 \text{ mm/hari}$$
8. Mencari Fungsi Tekanan Uap Nyata (f (ed))

$$f(ed) = 0,34 - (0,043 \times \sqrt{28,97})$$

$$f(ed) = 0,11 \text{ mm/hari}$$

9. Mencari Fungsi Penyinaran Matahari ($f(n/N)$)
 $F(n/N) = 0,1 + (0,9 \times (89,5/100))$
 $F(n/N) = 0,91 \text{ mm/hari}$
10. Mencari Fungsi Suhu ($f(t)$)
 $f(t) = 16,70 + \left(\frac{30-30,4}{30-31} \right) \times (17 - 16,70)$
 $f(t) = 16,81$
11. Mencari Radiasi Netto Gelombang Panjang (R_{nl})
 $R_{nl} = f(ed) \times f(n/N) \times f(t)$
 $R_{nl} = 0,11 \times 0,91 \times 16,81 = 1,65 \text{ mm/hari}$
12. Mencari Radiasi Netto (R_n)
 $R_n = 2,79 - 1,65$
 $R_n = 1,14 \text{ mm/hari}$
13. Mencari Evapotranspirasi Potensial (E_{To})
 $E_{To} = 1,10 \times ((0,22 \times 1,14) + (0,78 \times 0,30 \times (43,30 - 28,97)))$
 $= 4,00 \text{ mm/hari}$

Ditunjukkan pada tabel 5.14 sebagai berikut:

Tabel 5.14 Perhitungan Klimatologi

URAIAN	LAMBAANG	SATUAN	Tahun 2015								Tahun 2016															
			November		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober	
			per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2	per-1	per-2
Temperatur	t	°C	30,4	30,6	29,6	28,5	29,9	28,1	27,8	27,8	28,6	29,0	28,6	29,6	29,5	29,2	28,9	28,0	28,4	27,8	28,1	28,3	29,1	28,9	28,3	28,6
Kelembapan Relatif	RH	%	66,9	68,2	76,6	78,1	74,8	82,4	67,7	66,5	82,8	80,5	82,4	81,6	81,3	77,9	78,1	81,1	78,8	84,3	77,5	73,6	71,9	71,9	82,3	73,5
Kecepatan Angin	U	km/hari	11,8	12,7	12,3	12,2	10,5	12,6	12,0	13,0	10,4	11,1	10,9	12,1	10,6	10,9	10,9	10,5	11,5	11,4	11,9	12,7	12,1	11,4	12,1	11,9
Penyinaran Matahari	n/N	%	89,5	89,4	66,8	58,4	81,9	57,1	35,1	70,0	69,9	65,0	62,2	73,3	76,6	75,9	79,4	59,8	88,3	80,4	80,8	93,0	91,5	68,6	28,4	43,9
Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	43,30	43,88	41,39	38,92	42,06	38,05	37,25	37,42	39,20	40,04	39,27	41,56	41,14	40,55	39,85	37,75	38,80	37,30	37,97	38,47	40,33	39,91	38,52	39,23
Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	28,97	29,93	31,69	30,39	31,46	31,34	25,22	24,87	32,48	32,23	32,34	33,91	33,47	31,61	31,14	30,60	30,56	31,45	29,44	28,30	28,98	28,71	31,70	28,84
Fungsi Angin	f(U)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
W			0,78	0,79	0,78	0,77	0,78	0,77	0,77	0,77	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,78	0,78	0,77	0,78
Faktor Pembobotan	(1-W)		0,22	0,21	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,23	0,22
Radiasi Ekstra Terektorial	Ra	mm/hari	16,00	16,00	16,00	16,00	16,10	16,10	16,10	16,10	15,50	15,50	14,40	14,40	13,10	13,10	12,40	12,40	12,70	12,70	13,70	13,70	14,90	14,90	15,80	15,80
Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	11,15	9,34	8,67	4,00	10,62	8,62	6,85	9,66	9,29	8,91	8,08	8,88	8,29	8,25	8,02	6,80	8,78	8,28	8,96	9,79	10,54	8,83	6,19	7,42
Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	2,79	2,34	2,17	1,00	2,65	2,16	1,71	2,42	2,32	2,23	2,02	2,22	2,07	2,06	2,01	1,70	2,19	2,07	2,24	2,45	2,64	2,21	1,55	1,85
Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11
Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		0,91	0,90	0,70	0,63	0,84	0,61	0,42	0,73	0,73	0,69	0,66	0,76	0,79	0,78	0,81	0,64	0,89	0,82	0,83	0,94	0,92	0,72	0,36	0,50
Fungsi Suhu	f(t)		16,81	16,88	16,61	16,40	16,67	16,32	16,25	16,26	16,42	16,49	16,43	16,63	16,59	16,54	16,48	16,30	16,39	16,25	16,31	16,36	16,54	16,57	16,34	16,39
Radiasi Netto Gelombang Panjang	Rnl	mm/hari	1,65	1,60	1,14	1,06	1,38	0,99	0,84	1,49	1,14	1,08	1,03	1,13	1,19	1,27	1,34	1,06	1,50	1,32	1,44	1,70	1,66	1,30	0,57	0,89
Radiasi Netto	Rn	mm/hari	1,14	0,74	1,03	-0,06	1,28	1,16	0,87	0,92	1,19	1,14	0,98	1,09	0,88	0,79	0,66	0,64	0,70	0,75	0,80	0,74	0,98	0,91	0,98	0,97
Faktor Koreksi	c		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10	1,10
Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	4,00	3,84	2,77	2,19	3,02	2,02	3,29	3,47	1,82	2,08	1,65	1,84	1,78	2,04	1,96	1,62	1,87	1,37	2,17	2,56	3,19	3,11	2,00	2,92

5.3 Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan :

1. Eto (mm/hr) = Data yang diambil dari data klimatologi diatas misal Eto pada minggu ke 1 pada bulan November 2015 sebesar 4,00 mm/hr
2. P diambil dari laporan Balai Besar Wilayah Sungai Brantas . misal P pada minggu ke 1 pada bulan November 2015 sebesar 4
3. Re diambil dari data curah hujan dengan cara seleksi terkecil kecuali 0 . misal Re pada minggu ke 1 pada bulan November 2015 sebesar 11 mm/hr.
4. WLR diambil dari materi kuliah perencanaan irigasi dan struktur bendung = 50 mm

Tabel 5.15 WLR

	NOP		DES		JAN		PEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGT		SEP		OKT	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
WLR2				3,3		3,3					3,3		3,3											
WLR1			3,3		3,3						3,3		3,3											
WLR			1,7	1,7	1,7	1,7					1,7	1,7	1,7	1,7										

5. C1 , C2 dan ΣC berasal dari pola tanam berdasarkan padi-padi-polowijo yang di materikan kuliah
6. Etc berasal dari interpolasi tabel 5.5 yang ditentukan sebagai berikut

Tabel 5.16 ETc

Eo + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
5	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13	8.8	9.8
6	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12	13.6	9.4	10.4
7	12.3	13.9	9.8	10.8
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8	13	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14	15.5	11.6	12.5
10	14.3	15.8	12	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2
11	15	16.5	12.8	13.6

Contoh: pada bulan November 2015 minggu pertama sebesar 14,8 mm/hari , dengan cara

Diketahui : T = 30 hari , s = 300 mm

Eo + P = 8; Lp = 14,5 mm/hari

Eo + P = 8,40; Lp = $14,5 + (((8,40 - 8) / (8,5 - 8,40)) \times (14,8 - 14,5)) = 15,67$ mm/hari

Eo + P = 8,5; Lp = 14,8 mm/hari

7. NFR = Etc – Re jika WLR tidak ada , sedangkan WLR ada maka NFR = Etc + P + WLR – Re. contoh: pada bulan November 2015 minggu pertama

Diketahui : Etc = 15,67 mm/hari dan Re = 11 mm/hari

Maka NFR = Etc – Re = 15,67– 11 = 4,67 mm/hari

8. DR = NFR / (e x 8,64), contoh : pada bulan November 2015 minggu pertama

Diketahui : NFR = 4,67 mm/hari dan e = 0,65

Maka, DR = 4,67 / (0,65 x 8,64) = 0,83 mm/hari.

9. Luas / Area irigasi berasal dari sistem jaringan irigasi yang didapatkan dari UPTD Mojosari akan disebar pola tata tanam per dusun
10. Q ialah debit per dusun untuk mengalir sawah sebagai pola tata tanam. Contoh pada bulan November 2016 minggu awal sebesar 1,04 liter/detik dengan cara
- $$\begin{aligned} Q &= DR / \text{Luas per dusun} \\ &= 0,83 / 2 \\ &= 1,7 \text{ liter/detik} \\ &= 0,0017 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Ditunjukkan pada Tabel 5.17 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

5.4 Debit Andalan

Pada bulan November 2016 hingga Desember 2016 data debit sungai error tetapi data mulai dari bulan Januari 2017 minggu awal ditunjukkan pada Tabel 5.18 Perhitungan Debit Andalan

5.5 Analisa Penyedia Air

5.5.1 Lengkung Kapasitas

Lengkung kapasitas merupakan hubungan antara elevasi dengan luas dan volume embung. Perhitungan hubungan antara elevasi terhadap volume embung didasarkan pada peta topografi dan beda tinggi. Perhitungan luasan tiap kontur atau elevasi pada Embung Janjing dihitung menggunakan program *AutoCAD* dengan beda elevasi masing-masing yang terdapat pada peta topografi. Berikut hasil perhitungan yang ditampilkan dalam tabel 5.19

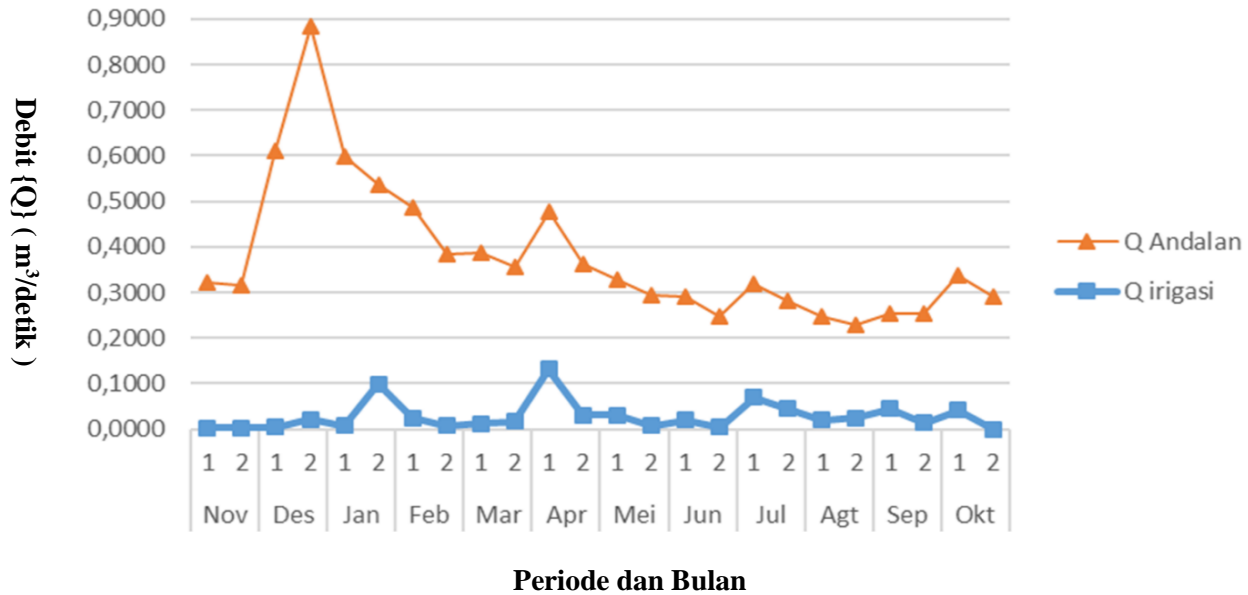
Hasil perhitungan pada tabel 5.19 di bawah kemudian dibuatkan grafik lengkung kapasitas yang merupakan hubungan antara elevasi, luas, dan volume tampungan Embung Janjing yang ditampilkan seperti pada gambar 5.7

Tabel 5.17 Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

BULAN	NOP		DES		JAN		PEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGS		SEP		OKT	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Padi 130 ha								Padi 217 ha								Polowijo 153 ha							
Eto (mm/hr)	4,00	3,84	2,77	2,19	3,02	2,02	3,29	3,47	1,82	2,08	1,65	1,84	1,78	2,04	1,96	1,62	1,87	1,37	2,17	2,56	3,19	3,11	2,00	2,92
P (mm/hr)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Re (mm/hr)	11	11	13	5	10	5	5	5	9	9	5	5	8	12	4	12	4	3	3	2	3	5	2	5
WLR (mm/hr)			1,7	1,7	1,7	1,7					1,7	1,7	1,7	1,7										
C1	LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0		LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,75	0	0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95	0	
C2	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0		LP	1	1,1	1,05	1,05	0,95	0	0,5	0,75	1	1	0,82	0,45	0		
Č	LP	LP	1,1	1,075	1,05	1	0,475	0	LP	LP	1,1	1,075	1,05	1	0,375	0,25	0,625	0,795	0,98	0,935	0,735	0,475	0	
Etc	15,67	14,75	13,93	14,61	14,46	13,49	14,30	14,72	13,30	13,70	13,50	13,32	16,58	13,57	13,44	13,38	13,34	13,01	14,32	14,11	14,20	15,41	13,50	14,12
NFR (mm/hr)	4,67	3,75	0,93	9,61	4,46	8,49	9,30	9,72	4,30	4,70	8,50	8,32	8,58	1,57	9,44	1,38	9,34	10,01	11,32	12,11	11,20	10,41	11,50	9,12
DR = NFR/e 8,64	0,83	0,67	0,17	1,71	0,79	1,51	1,66	1,73	0,77	0,84	1,51	1,48	1,53	0,28	1,68	0,24	1,66	1,78	2,02	2,16	1,99	1,85	2,05	
Luas	2	4	20	12	8	65	15	4	15	20	87	21	20	26	12	16	42	25	10	11	22	7	20	
Q (l/dt)	1,66	2,67	3,32	20,53	6,36	98,30	24,84	6,92	11,49	16,73	131,62	31,10	30,55	7,29	20,16	3,92	69,84	44,54	20,15	23,72	43,88	12,97	40,95	
Q (m³/dt)	0,0017	0,0027	0,0033	0,0205	0,0064	0,0983	0,0248	0,0069	0,0115	0,0167	0,1316	0,0311	0,0306	0,0073	0,0202	0,0039	0,0698	0,0445	0,0202	0,0237	0,0439	0,0130	0,0409	
S	300																							
T	30																							
WLR	50																							
e	0,65																							

Tabel 5.18 Perhitungan Debit Andalan

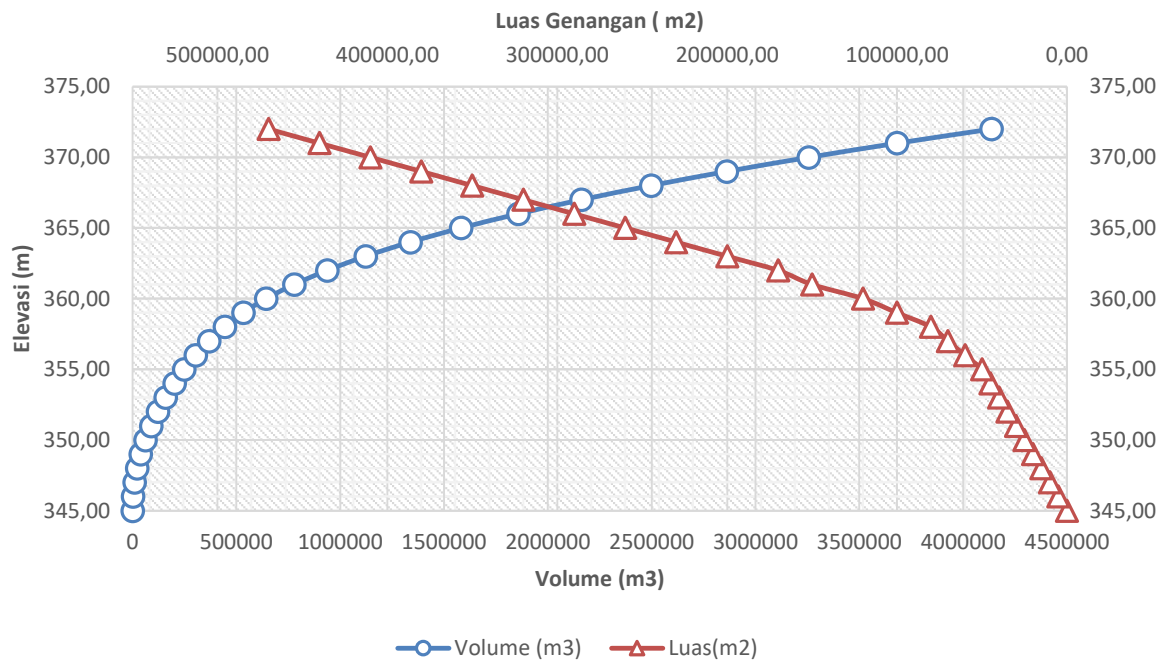
No	Prob %	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	10000	0.881	1.238	1.123	1.111	1.067	0.978	0.902	0.795	0.848	0.828	0.615	0.596	0.518	0.407	0.416	0.392	0.486	0.418	0.590	0.443	0.750	0.647	1.226	0.927
2	20000	0.820	1.098	1.096	1.052	0.985	0.968	0.837	0.643	0.731	0.559	0.547	0.587	0.499	0.384	0.392	0.373	0.381	0.365	0.349	0.313	0.641	0.466	0.757	0.916
3	30000	0.801	1.016	0.975	1.020	0.977	0.892	0.783	0.640	0.564	0.473	0.483	0.568	0.454	0.377	0.385	0.352	0.359	0.344	0.329	0.296	0.302	0.425	0.600	0.806
4	40000	0.787	0.945	0.918	1.003	0.837	0.804	0.778	0.630	0.542	0.445	0.482	0.458	0.428	0.337	0.344	0.309	0.315	0.302	0.289	0.259	0.265	0.404	0.506	0.686
5	50000	0.471	0.934	0.816	0.943	0.745	0.629	0.612	0.619	0.523	0.399	0.400	0.447	0.424	0.327	0.334	0.300	0.306	0.293	0.281	0.252	0.257	0.395	0.503	0.593
6	60000	0.469	0.756	0.725	0.881	0.704	0.602	0.574	0.585	0.486	0.383	0.397	0.439	0.420	0.320	0.327	0.293	0.300	0.287	0.275	0.248	0.252	0.254	0.396	0.412
7	70000	0.441	0.361	0.706	0.702	0.662	0.536	0.545	0.429	0.399	0.379	0.376	0.379	0.334	0.315	0.291	0.261	0.267	0.255	0.244	0.219	0.224	0.246	0.307	0.320
8	80000	0.320	0.313	0.607	0.863	0.592	0.438	0.463	0.377	0.376	0.338	0.345	0.330	0.296	0.285	0.271	0.243	0.249	0.238	0.228	0.204	0.209	0.241	0.295	0.290
9	90000	0.239	0.248	0.483	0.575	0.551	0.410	0.270	0.285	0.247	0.316	0.323	0.309	0.267	0.266	0.242	0.217	0.222	0.213	0.203	0.183	0.187	0.214	0.205	0.184
Q(m ³ /det)	80	0.320	0.313	0.607	0.863	0.592	0.438	0.463	0.377	0.376	0.338	0.345	0.330	0.296	0.285	0.271	0.243	0.249	0.238	0.228	0.204	0.209	0.241	0.295	0.290
Q(l/det)	80	320	313	607	863	592	438	463	377	376	338	345	330	296	285	271	243	249	238	228	204	209	241	295	290



Gambar 5.2 Grafik Pola Tanam Optimum

Tabel 5.19 Hubungan Elevasi, Luas dan Volume

Elevasi	Luas (Fi) (m ²)	Fi rata rata (m ²)	(hi+1-hi) (m)	Volume (li) (m ³)	Komulatif Genangan (i) (m ³)
345	0	2500	1	0,00	0,00
346	5000	7500	1	1666,67	1666,67
347	10000	12500	1	7357,02	9023,69
348	15000	17500	1	12415,82	21439,51
349	20000	22500	1	17440,17	38879,67
350	25000	27500	1	22453,56	61333,23
351	30000	32500	1	27462,04	88795,28
352	35000	37500	1	32467,90	121263,18
353	40000	42500	1	37472,19	158735,37
354	45000	47500	1	42475,47	201210,84
355	50000	55000	1	47478,05	248688,89
356	60000	65000	1	54924,09	303612,98
357	70000	75000	1	64935,80	368548,78
358	80000	90000	1	74944,38	443493,16
359	100000	110000	1	89814,24	533307,40
360	120000	135000	1	109848,17	643155,57
361	150000	160000	1	134721,36	777876,93
362	170000	185000	1	159895,73	937772,67
363	200000	215000	1	184796,96	1122569,63
364	230000	245000	1	214825,37	1337395,00
365	260000	275000	1	244846,80	1582241,79
366	290000	305000	1	274863,53	1857105,33
367	320000	335000	1	304876,97	2161982,30
368	350000	365000	1	334888,00	2496870,30
369	380000	395000	1	364897,22	2861767,52
370	410000	425000	1	394905,03	3256672,55
371	440000	455000	1	424911,74	3681584,29
372	470000	470000	1	454917,56	4136501,85



Gambar 5.3 Kurva Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume

5.6 Analisa Volume Embung

1. Kapasitas Tampungan Total

Elevasi tampungan embung direncanakan pada elevasi +357,00 m sehingga kapasitas total embung adalah sebesar 64.935,80 m³.

2. Kapasitas Mati Embung (*Dead Storage*)

Volume mati embung perlu diperhitungkan apabila terjadi pengendapan sedimen pada embung. Besar volume mati embung direncanakan sebesar 15% dari volume total embung yaitu $15\% \times 64.935,80 \text{ m}^3 = 9.740,37 \text{ m}^3$ pada elevasi +346,11m.

3. Kapasitas Efektif Embung

Besar volume efektif embung adalah total volume embung dikurang dengan volume mati yaitu $64.935,80 \text{ m}^3 - 9.740,37 \text{ m}^3 = 55.195,43 \text{ m}^3$ pada elevasi +355,97 m.

5.7 Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway)

1. Analisa Penelusuran Banjir Q_{50}

• Debit yang Melintasi Ambang

$$B = 50 \text{ m}$$

$$AT = 1 \text{ jam}$$

$$\text{elv spillway} = 355 \text{ m}$$

Tabel 5.20 Perhitungan Debit Diatas Pelimpah

Elevasi (m)	H (m)	L (m)	C	Q (m ³ /dt)
355,00	0,00	50,000	2,000	0,000
355,20	0,20	50,000	2,000	8,944
355,40	0,40	50,000	2,000	25,298
355,60	0,60	50,000	2,000	46,476
355,80	0,80	50,000	2,000	71,554
356,00	1,00	50,000	2,000	100,000
356,20	1,20	50,000	2,000	131,453

356,40	1,40	50,000	2,000	165,650
356,60	1,60	50,000	2,000	202,386
356,80	1,80	50,000	2,000	241,495
357,00	2,00	50,000	2,000	282,843
357,20	2,20	50,000	2,000	326,313
357,40	2,40	50,000	2,000	371,806
357,60	2,60	50,000	2,000	419,237
357,80	2,80	50,000	2,000	468,530
358,00	3,00	50,000	2,000	519,615
358,20	3,20	50,000	2,000	572,433
358,40	3,40	50,000	2,000	626,929
358,60	3,60	50,000	2,000	683,052
358,80	3,80	50,000	2,000	740,756
359,00	4,00	50,000	2,000	800,000
359,20	4,20	50,000	2,000	860,744
359,40	4,40	50,000	2,000	922,952
359,60	4,60	50,000	2,000	986,590
359,80	4,80	50,000	2,000	1051,627
360,00	5,00	50,000	2,000	1118,034
360,20	5,20	50,000	2,000	1185,782
360,40	5,40	50,000	2,000	1254,847
360,60	5,60	50,000	2,000	1325,202
360,80	5,80	50,000	2,000	1396,825
361,00	6,00	50,000	2,000	1469,694
361,20	6,20	50,000	2,000	1543,788
361,40	6,40	50,000	2,000	1619,086
361,60	6,60	50,000	2,000	1695,571
361,80	6,80	50,000	2,000	1773,223
362,00	7,00	50,000	2,000	1852,026
362,20	7,20	50,000	2,000	1931,963
362,40	7,40	50,000	2,000	2013,018
362,60	7,60	50,000	2,000	2095,175
362,80	7,80	50,000	2,000	2178,421
363,00	8,00	50,000	2,000	2262,742
363,20	8,20	50,000	2,000	2348,123

363,40	8,40	50,000	2,000	2434,551
363,60	8,60	50,000	2,000	2522,015
363,80	8,80	50,000	2,000	2610,502
364,00	9,00	50,000	2,000	2700,000
364,20	9,20	50,000	2,000	2790,498
364,40	9,40	50,000	2,000	2881,985
364,60	9,60	50,000	2,000	2974,451
364,80	9,80	50,000	2,000	3067,885
365,00	10,00	50,000	2,000	3162,278
365,20	10,20	50,000	2,000	3257,619
365,40	10,40	50,000	2,000	3353,899
365,60	10,60	50,000	2,000	3451,110
365,80	10,80	50,000	2,000	3549,242
366,00	11,00	50,000	2,000	3648,287
366,20	11,20	50,000	2,000	3748,237
366,40	11,40	50,000	2,000	3849,083
366,60	11,60	50,000	2,000	3950,818
366,80	11,80	50,000	2,000	4053,433
367,00	12,00	50,000	2,000	4156,922
367,20	12,20	50,000	2,000	4261,277
367,40	12,40	50,000	2,000	4366,491
367,60	12,60	50,000	2,000	4472,556
367,80	12,80	50,000	2,000	4579,467
368,00	13,00	50,000	2,000	4687,217
368,20	13,20	50,000	2,000	4795,798
368,40	13,40	50,000	2,000	4905,205
368,60	13,60	50,000	2,000	5015,432
368,80	13,80	50,000	2,000	5126,472
369,00	14,00	50,000	2,000	5238,320
369,20	14,20	50,000	2,000	5350,970
369,40	14,40	50,000	2,000	5464,416
369,60	14,60	50,000	2,000	5578,652
369,80	14,80	50,000	2,000	5693,674
370,00	15,00	50,000	2,000	5809,475
370,20	15,20	50,000	2,000	5926,051

370,40	15,40	50,000	2,000	6043,396
370,60	15,60	50,000	2,000	6161,506
370,80	15,80	50,000	2,000	6280,376
371,00	16,00	50,000	2,000	6400,000
371,20	16,20	50,000	2,000	6520,374
371,40	16,40	50,000	2,000	6641,494
371,60	16,60	50,000	2,000	6763,354
371,80	16,80	50,000	2,000	6885,951
372,00	17,00	50,000	2,000	7009,280

Tabel 5.21 Analisa Penelusuran Banjir dengan Elevasi

Elevasi	Tinggi Muka Air	Debit Pelimpah (O)	Tampungan (S)	Tampungan	(2S/AT)+O	Keterangan
M.A.	(m)	m ³ /jam	(m ³)	(m ³)		
355,00	-	-	-	248.688,89	-	355,00
355,20	0,20	8,94	10.984,82	259.673,71	15,05	
355,40	0,40	25,30	21.969,63	270.658,53	37,50	
355,60	0,60	46,48	32.954,45	281.643,34	64,78	
355,80	0,80	71,55	43.939,27	292.628,16	95,96	
356,00	1,00	100,00	54.924,09	303.612,98	130,51	
356,20	1,20	131,45	67.911,25	316.600,14	169,18	
356,40	1,40	165,65	80.898,41	329.587,30	210,59	
356,60	1,60	202,39	93.885,57	342.574,46	254,54	
356,80	1,80	241,50	106.872,73	355.561,62	300,87	
357,00	2,00	282,84	119.859,89	368.548,78	349,43	
357,20	2,20	326,31	134.848,76	383.537,66	401,23	
357,40	2,40	371,81	149.837,64	398.526,53	455,05	
357,60	2,60	419,24	164.826,52	413.515,41	510,81	
357,80	2,80	468,53	179.815,39	428.504,29	568,43	
358,00	3,00	519,62	194.804,27	443.493,16	627,84	

Tabel 5.22 Penelusuran Banjir dengan Q50

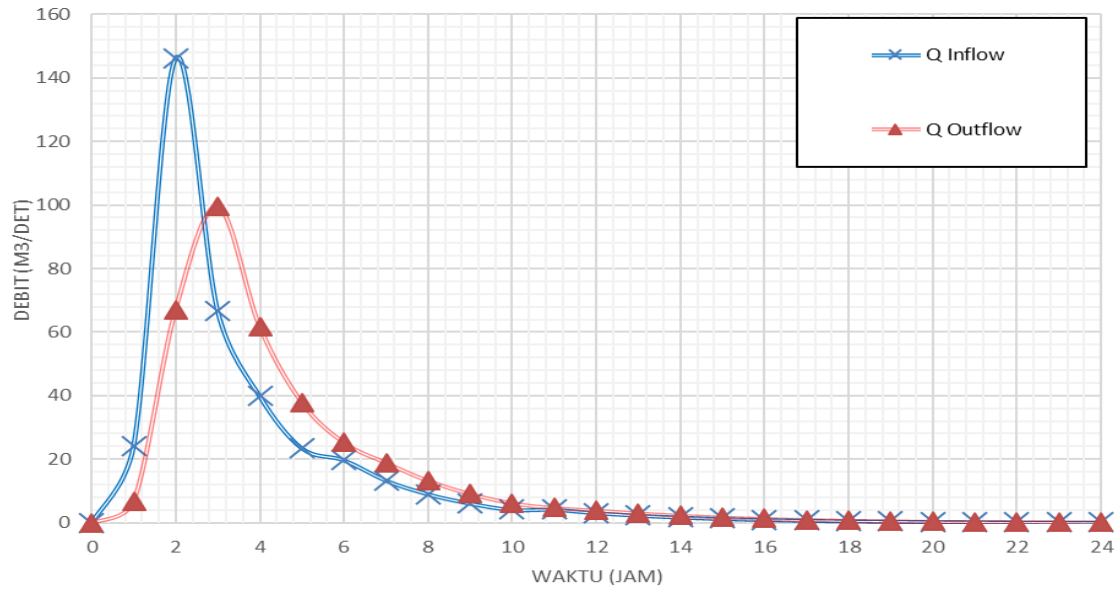
t	Q50 (I)	(In+In+1)/2	Ψ	φ	Q Pelimpah (O)	Elevasi	H
jam	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m)	(m)
0	0,000			0	0	355,00	0,00
1	24,208	12,104	0	12,104	6,801	355,174	0,17
2	146,259	85,233	5,303	90,536	67,085	355,791	0,79
3	66,724	106,492	23,452	129,943	99,536	356,013	1,01
4	39,901	53,313	30,407	83,720	61,706	355,721	0,72
5	23,538	31,720	22,014	53,734	37,898	355,519	0,52
6	19,780	21,659	15,836	37,495	25,292	355,400	0,40
7	13,360	16,570	12,203	28,773	18,940	355,322	0,32
8	9,024	11,192	9,833	21,025	13,298	355,253	0,25
9	6,096	7,560	7,727	15,287	9,119	355,202	0,20
10	4,117	5,107	6,168	11,275	6,197	355,166	0,17
11	4,135	4,126	5,078	9,204	4,689	355,148	0,15
12	3,081	3,608	4,515	8,123	3,902	355,138	0,14
13	2,296	2,688	4,221	6,910	3,018	355,128	0,13
14	1,710	2,003	3,891	5,894	2,279	355,118	0,12
15	1,274	1,492	3,615	5,108	1,706	355,111	0,11
16	0,950	1,112	3,402	4,514	1,273	355,106	0,11
17	0,707	0,829	3,240	4,069	0,949	355,102	0,10
18	0,527	0,617	3,119	3,737	0,708	355,099	0,10
19	0,393	0,460	3,029	3,489	0,527	355,097	0,10
20	0,293	0,343	2,962	3,304	0,393	355,095	0,10
21	0,218	0,255	2,912	3,167	0,293	355,094	0,09
22	0,162	0,190	2,874	3,064	0,218	355,093	0,09
23	0,121	0,142	2,846	2,988	0,162	355,093	0,09
24	0,090	0,106	2,826	2,931	0,121	355,092	0,09

Hasil dari penelusuran Banjir Q50

El Pelimpah = +355,

El Muka Air = +356,013

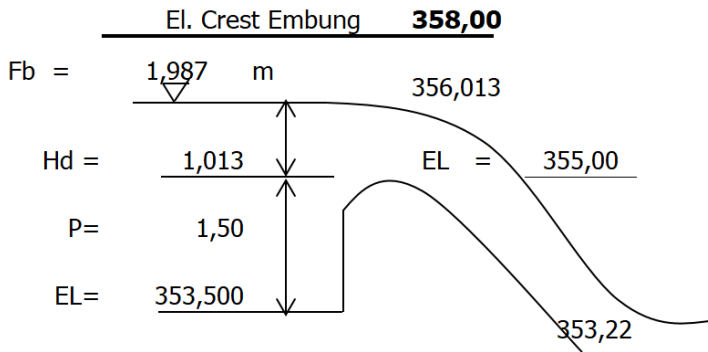
Q 50 Banjir = 146,259 m³/det



Gambar 5.4 Grafik Penelusuran Banjir Q 50

2. PERHITUNGAN ALIRAN DEBIT DAN KOEFISIEN

El. Mercu Spillway	=	355,000m
Flood Discharge (Q50)	=	146,259m ³ /det
L act	=	10,000 m
L eff	=	9,144 m
Cd	=	2,140 m
H	=	3,568 m
Hd	=	1,013 m
D(H-Hd)	=	2,555 m
P	=	1,500 m
v	=	6,365 m/s
a	=	0,530
Ka	=	0,120



Gambar 5.5 Kedalaman saluran pengarah dan ambang air
Rumus

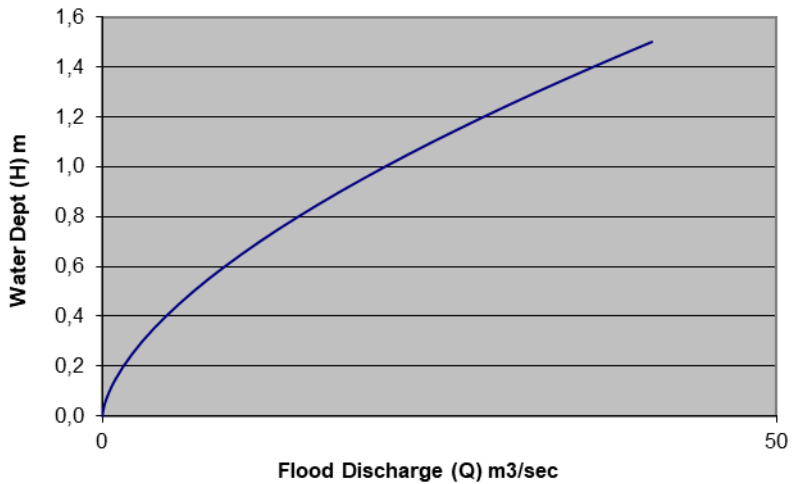
$$C = 1.6((1+2a(h/Hd))/1+(a(h/Hd)))$$

$$C = 2.2$$

Hit C pada $h = Hd$

**Tabel 5.23 Hubungan Kedalaman (H)
dan Debit Banjir (Q)**

H	H/Hd	C	L eff	Q	El. WL
0,000	0,000	1,600	10,000	0,00	355,00
0,050	0,049	1,641	9,988	0,18	355,05
0,100	0,099	1,680	9,976	0,53	355,10
0,150	0,148	1,716	9,964	0,99	355,15
0,200	0,197	1,752	9,952	1,56	355,20
0,250	0,247	1,785	9,940	2,22	355,25
0,300	0,296	1,817	9,928	2,96	355,30
0,350	0,346	1,848	9,916	3,79	355,35
0,400	0,395	1,877	9,904	4,70	355,40
0,450	0,444	1,905	9,892	5,69	355,45
0,500	0,494	1,932	9,880	6,75	355,50
0,550	0,543	1,958	9,868	7,88	355,55
0,600	0,592	1,982	9,856	9,08	355,60
0,650	0,642	2,006	9,844	10,35	355,65
0,700	0,691	2,029	9,832	11,68	355,70
0,750	0,740	2,051	9,820	13,08	355,75
0,800	0,790	2,072	9,808	14,54	355,80
0,850	0,839	2,093	9,796	16,06	355,85
0,900	0,888	2,112	9,784	17,64	355,90
0,950	0,938	2,131	9,772	19,28	355,95
1,000	0,987	2,150	9,760	20,98	356,00
1,050	1,037	2,167	9,748	22,73	356,05
1,100	1,086	2,184	9,736	24,54	356,10
1,150	1,135	2,201	9,724	26,39	356,15
1,200	1,185	2,217	9,712	28,31	356,20
1,250	1,234	2,233	9,700	30,27	356,25
1,300	1,283	2,248	9,688	32,28	356,30
1,350	1,333	2,262	9,676	34,34	356,35
1,400	1,382	2,276	9,664	36,44	356,40
1,450	1,431	2,290	9,652	38,60	356,45
1,500	1,481	2,304	9,640	40,80	356,50



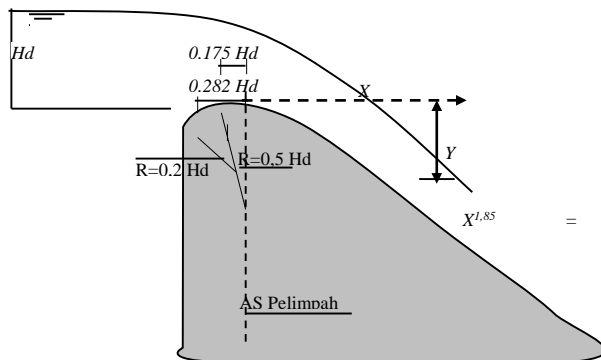
Gambar 5.6 Grafik korelasi H dan Q

3. Perhitungan Profil Melintang Spillway

$$X^{1.85} = 2H_d^{0.85} Y$$

Elev. Mercuri Spillway	=	355,00
H _d	=	1,01 m
R ₁	=	0,60 m
R ₂	=	0,30 m
0.175 H _d	=	0,20 m
0.282 H _d	=	0,30 m
X	=	2,02208 Y ^{0.541}
Y	=	0,495 X ^{1.85}

Berikut adalah profil melintang *Spillway* tipe Ogee :



Dimana , Hd ialah tinggi muka air sebelum pelimpah

Gambar 5.7 Profil Melintang *Spillway* Tipe Ogee

Tabel 5.24 Profil Pelimpah Tipe Ogee

X	Y	Elev
0,00	0,00	355,000
0,10	0,01	354,993
0,20	0,03	354,975
0,30	0,05	354,947
0,40	0,09	354,909
0,50	0,14	354,863
0,60	0,19	354,808
0,70	0,26	354,744
0,80	0,33	354,673
0,90	0,41	354,593
1,00	0,49	354,505
1,10	0,59	354,410
1,20	0,69	354,307
1,30	0,80	354,196
1,40	0,92	354,078
1,50	1,05	353,953
1,60	1,18	353,820
1,70	1,32	353,680
1,80	1,47	353,533
1,90	1,62	353,379
2,00	1,78	353,217

4. Perhitungan Tinggi Muka Air Pada Saluran Transisi Embung Janjing Dengan Metode Tahapan Standart Q 50 - Yn

Q	=	146,259m ³ /det
n	=	0,0250
So	=	0,0278
α	=	1,1
he	=	0,0 m
Yn	=	1,013 m
elevasi m.a.b	=	356,01 m
yc	=	4,436 m
El. Dasar	=	353,22 m

b	=	5,00 m	b hili	=	5 m	X1	=	0m
L	=	18,00 m	b hulu	=	10m	x2	=	18m

Tabel 5.25 Analisis Hidrolika di saluran Transisi

x	Z	y	b	A	V	aV²/2g
0	357,653	4,436	5,00	27,100	5,397	1,633
3,00	359,297	5,996	5,83	43,965	3,327	0,620
6,00	359,920	6,536	6,67	54,255	2,696	0,407
9,00	360,329	6,862	7,50	63,235	2,313	0,300
12,00	360,630	7,079	8,33	71,524	2,045	0,234
15,00	360,865	7,231	9,17	79,357	1,843	0,190
18,00	361,792	8,075	10,00	97,045	1,507	0,127

5. Perhitungan Hidrolika Saluran Peluncur

Untuk Embung Janjing ditentukan data-data sebagai berikut :

$$Q \text{ banjir 50 tahun} = 146,259 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Percepatan gravitasi (g)} = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$\text{LSP (lebar saluran peluncur)} = 5 \text{ m}$$

$$q \text{ (debit per satuan lebar peluncur)} = 29,25 \text{ m}^3/\text{dt/m}$$

Dari hasil plot perencanaan diperoleh panjang dan kemiringan saluran peluncur sebagai berikut :

$$\text{Panjang saluran peluncur} = 33,77 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan dasar saluran peluncur} = 0,10$$

$$\text{Elevasi awal saluran peluncur} = + 352,72$$

$$\text{Elevasi akhir saluran peluncur} = + 341$$

Dari hasil perhitungan hidrolika untuk saluran transisi diketahui data-data hidrolika adalah sebagai berikut :

$$\text{Tinggi air hilir saluran (Y1) : } (Q^2/gB^2)^{1/3} = 4,436 \text{ m}$$

$$\text{Luasan (A) : } (2B+0.5Y1)*0.5 Y1 = 22,180 \text{ m}^2$$

$$\text{Kecepatan pada hilir saluran (V1) : } Q/A = 6,594 \text{ m/dt}$$

6. Perencanaan Peredam Energi

Berdasarkan rumus maka didapat $Fr = 2,27$. Maka dipilih tipe USBR tipe II. Data diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$Q_{50} = 146,259 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$B \text{ peluncur} = 5 \text{ m}$$

$$L \text{ peluncur} = 33,77 \text{ m}$$

$$h = 0,537 \text{ m}$$

$$S = 0,10$$

$$V = 11,39 \text{ m/dt}$$

Berdasarkan harga bilangan Froude dan debit persatuan lebar maka di pilih kolam olak USBR tipe II, dengan data teknis sebagai berikut :

Tabel 5.26 Data Teknis Peredam Energi

URAIAN			
Qrouting	Q =		146,26
Lebar	B =		5,00
	q		29,25
	g =		9,80
Kecepatan	v = Kecepatan di EP	$0.9\sqrt{(2gH)}$	12,01
Tinggi Air masuk	h1 =Tinggi Air di EP	m	2,58
Froude	Fr = $v/\sqrt{(g.h_1)}$		2,39
Tinggi di stilling basin	h2 = $h_1/2.(\sqrt{(1+8F_r^2)}-1)$	m	7,52
Panjang Stilling basin	L = $5,8 * h_2$	m	43,59
		ditentukan	44,00
Jagaan	Fb = $0.1.(v_1 + h_2)$	m	1,95
Total Tembok Stilling	H = $h_2 + F_b$	m	9,47
		ditentukan	9,50
		EL.	350,50
Peredam			
End Sill	Ws = h1		2,50

➤ Gigi Pemencar aliran :

$$D1 = 2,58 \text{ m} \approx 2,6 \text{ m}$$

$$h1 = 2,6 \text{ m}$$

$$w = D = 2,6 \text{ m}$$

➤ End sill = 2,5 m

5.7 Perencanaan Bangunan Pengambilan (*Intake*)

5.7.1 Alasan Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Asal dari gambar tampak atas yang dari konsultan berada di tengah bendung tetapi perencanaan saya di pindah dipinggir tanggul

- Memudahkan operasional pemeliharaan

- Mengurangi sampah sedimen yang akan mempengaruhi operasional pipa dari tower *intake*. Karena kapasitas mati sebesar 9.740,37 m³ pada elevasi +346,11m
- Menghindari kerusakan konstruksi tower intake akibat material yang terbawa debit sungai

5.7.2 Kehilangan Energi

Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui besar kecepatan aliran sungai pada pipa tower intake dan meminimalisir dampak daya rusak air

a. Pada *Entrance*

$$\begin{aligned} Fe &= 0.5 \\ D &= 1.5 \text{ m} \\ G &= 9.8 \text{ m}^2/\text{s} \\ A &= 0.25 \times \pi \times d^2 \\ &= 1.766 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$he = fe \times \frac{V^2}{2g} = fe \times \frac{Q^2}{A \times 2g} = 0,014 Q$$

b. *Gradual Contraction*

$$\begin{aligned} k &= 0,04 \\ d &= 1 \text{ m} \\ g &= 9,8 \text{ m}^2/\text{s} \\ A &= 0.25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \\ hgx &= k \times \frac{V^2}{2g} \\ &= k \times \frac{Q^2}{A \times 2g} \\ &= 0,0026 Q^2 \end{aligned}$$

c. Pada *Trash Rack*

$$\begin{aligned}\beta &= 2,24^\circ \\ \emptyset &= 90^\circ \quad \sin 90^\circ = 1 \\ t &= 0,016 \text{ m} \\ b &= 0,075 \text{ m} \\ fr &= \beta \times \sin \emptyset \times (t/b)^{4/3} \\ &= 0,2855 \\ hr &= fr \times \frac{V^2}{2g} \\ &= fr \times \frac{Q^2}{A \times 2g} \\ &= 0,019 Q^2\end{aligned}$$

d. Akibat Geser

$$\begin{aligned}L &= 15 \text{ m} \\ D &= 1,25 \text{ m} \\ g &= 9,8 \text{ m}^2/\text{s}\end{aligned}$$

d.1 Pipa *Outlet*

$$\begin{aligned}A &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 1,227 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$f = 0,005 \left(1 + \frac{1}{12d} \right)$$

$$= 0,005$$

$$hf = \frac{fL}{d} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= f \times \frac{L \times Q^2}{A^2 \times 2g}$$

$$= 0,0027 Q^2$$

d.2 Terowongan

$$\begin{aligned} L &= 86,5 \text{ m} \\ D &= 3,5 \text{ m} \\ A &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 9,616 \text{ m}^2 \\ f &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{fL}{d} \times \frac{V^2}{2g} \\ &= f \times \frac{L \times Q^2}{A^2 \times 2g} \\ &= 0,0014 Q^2 \end{aligned}$$

e. Pada *Outlet*

$$\begin{aligned} A &= 9,616 \text{ m}^2 \\ h_f &= \frac{V^2}{2g} = \frac{Q^2}{A \times 2g} = 0,0053 Q^2 \end{aligned}$$

Total kehilangan energi :

$$\begin{aligned} \sum h_f &= (0,014 + 0,0026 + 0,019 + 0,0027 + 0,0014 + 0,0053) Q^2 \\ S &= 0,045 Q^2 \end{aligned}$$

5.7.3 Hubungan antara muka air di waduk dan debit

$$PWL = OIL + \sum h_f = 352 + 0,045 Q^2$$

dengan :

PWL = muka air waduk

OIL = elevasi inlet (dalam hal ini = elevasi LWL)

$\sum h_f$ = total kehilangan energi

$$PWL = 352 + 0,045 Q^2$$

$$\Delta H = 0,045 Q^2$$

$$Q = \sqrt{\frac{\Delta H}{0.045}}$$

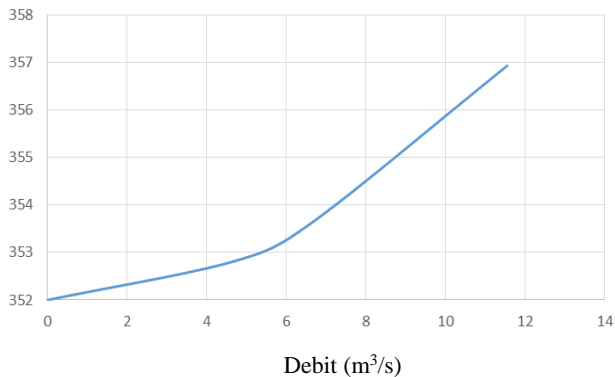
$$= 4,714 \cdot \sqrt{\Delta H}$$

Hubungan antara muka air waduk dan debit dalam saluran ditunjukkan pada tabel 5.27 di bawah ini :

Tabel 5.27 Hubungan muka Air Embung dengan Debit *Intake*

ΔH	PWL	Debit
(m)	m	m ³ /dt
0	352	0
1	353	4.714
2	354	6.667
3	357	11.547

PWL (Elevasi) (m)



Gambar 5.8 Hubungan antara muka air

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari Perencanaan ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Embung Janjing adalah embung yang direncanakan untuk keperluan irigasi yang akan mengairi areal persawahan sebesar 350 Ha.
2. Dari hasil perhitungan analisis kebutuhan air irigasi dengan data pola tata tanam padi-padi-polowijo, diperoleh kebutuhan air irigasi sebesar $0,1316 \text{ m}^3/\text{detik}$
3. Berdasarkan hasil perhitungan analisa penyediaan air dan lengkung kapasitas, volume tampungan $55.195,43 \text{ m}^3$ pada elevasi +355,97 m
4. Berdasarkan hasil perhitungan analisa penelusuran banjir diperoleh
 - a. Dari Metode Nakayasu Q banjir 50 tahun: $146,259 \text{ m}^3/\text{det}$
 - b. Elevasi Puncak Mercu Spillway : +355 m
 - c. Elevasi Muka Air : +356,013 m
5. Analisis hidrolis pada Spillway Embung diperoleh
 - a. Debit banjir yang lewat pada 50 tahun: $146,259 \text{ m}^3/\text{detik}$
 - b. Jenis Mercu Pelimpah : Tipe Ogee
 - c. Saluran Transisi
 - Panjang : 18 m
 - Slope : 18 m
 - Kecepatan : $5,397 \text{ m/s}$
 - Lebar Hulu : 10 m
 - Lebar Hilir : 5 m
 - d. Saluran Peluncur
 - Panjang : 33,77 m
 - Slope : 2,88 m
 - Kecepatan : $6,594 \text{ m/s}$
 - e. Ada Peredam Energi / Kolam Olak Tipe II , $1,7 < Fr \leq 2,5$

- f. El. Tinggi Air Di Hulu : +356,013 m
 - g. El. Tinggi Air Di Hilir : +341 m
 - h. El. Mercu Pelimpah : +355 m
6. Analisis hidrolis pada Intake embung diperoleh
- a. Bangunan Rumah Pintu Irigasi : Tower intake
 - b. Elevasi Atas : +352 m
 - c. Dimensi Pintu Pengambilan : 1,5 x 1,5 m
 - d. Diameter Pipa *Outlet* : 1,25 m
 - e. Panjang Terowongan *Intake* : 86,50 m
 - f. Elevasi Dasar : +350,75 m
 - g. Jarak Jeruji : 75 mm
 - h. Debit Intake : 11,547 m³/detik

6.2 Saran

Sesuai dengan tujuan dibangunnya embung yaitu untuk menampung air pada musim hujan yang nantinya akan digunakan pada musim kemarau dan mengingat volume tampungan embung yang kecil maka perencanaan ini dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin, untuk itu perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk embung yang berfungsi sebagai irigasi umumnya daerah layanan berada jauh dari lokasi embung, di dusun atau di desa lain, untuk itu perlu adanya usaha sehingga sebisa mungkin sama-sama bisa memanfaatkan, seperti persawahan, wisata, tempat pemancingan, dan lain –lain bagi penduduk sekitar.
2. Karena embung Janjing ini berfungsi sebagai penyedia air irigasi maka peran serta masyarakat baik petani maupun bukan sangat diperlukan di Dusun Janjing.
3. Untuk lebih amannya perencanaan ini lebih baiknya dipakai Q banjir pada 100 tahun yang paling ekonomis

DAFTAR PUSTAKA

Direktur Jenderal Pengairan.1986.” Keputusan Direktur Jenderal Pengairan Nomor: 185 Tahun 1986 Tentang Standar Kriteria Perencanaan 01 Perencanaan Sistem Jaringan Irigasi”. Jakarta. Dinas Pengairan

Direktur Jenderal Pengairan.1986.” Keputusan Direktur Jenderal Pengairan Nomor: 185 Tahun 1986 Tentang Standar Kriteria Perencanaan 02 Bangunan Utama”. Jakarta

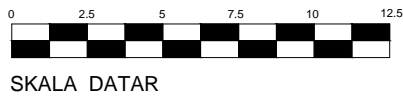
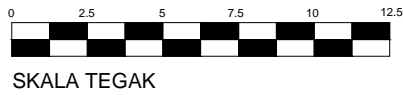
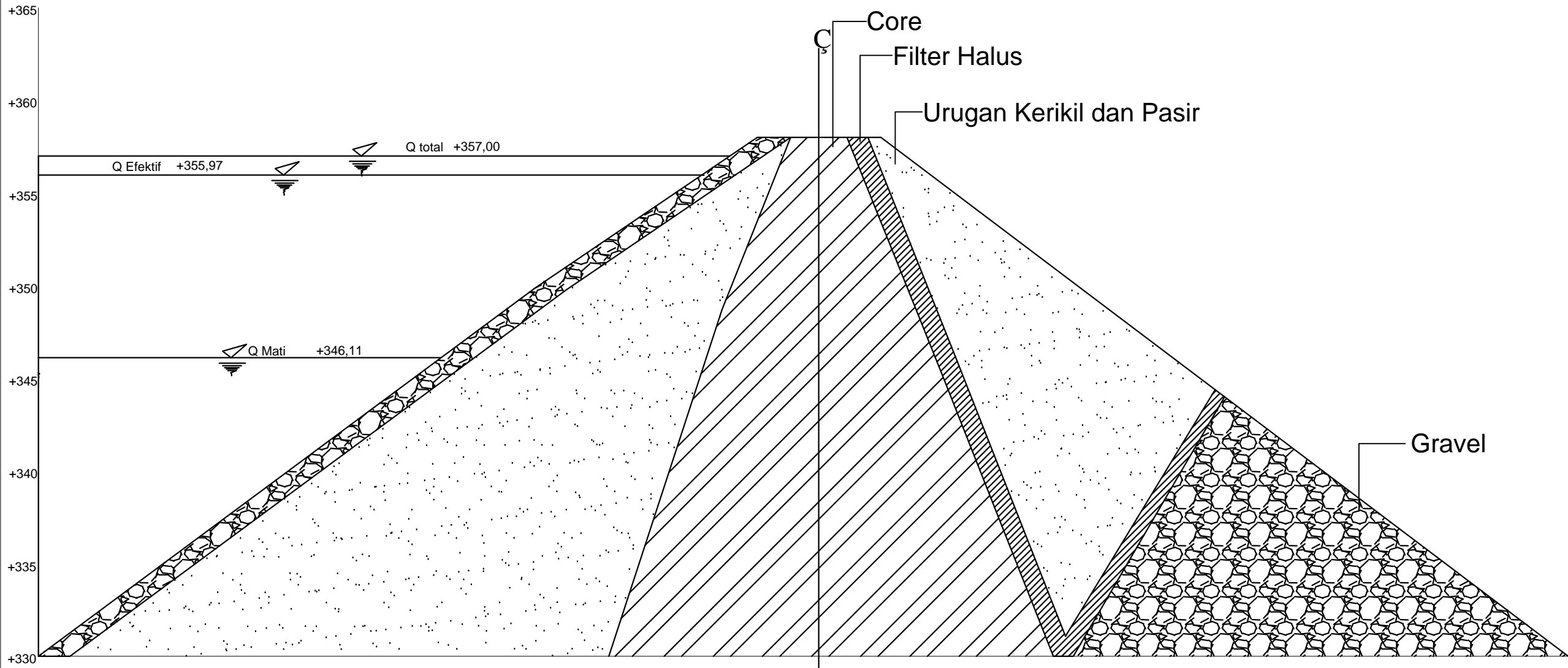
Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. “Guidelines for predicting crop water requirements”. Roma. Irrigation and Drainage Paper 24 Rev.156 p.,

Dinas Pengairan. “Curah Hujan”.04 Februari 2015. <https://mojokertokab.bps.go.id/statictable/2015/02/04/8/curah-hujan>

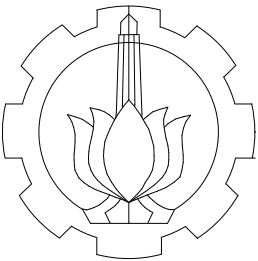
Sosrodarsono,Suyono.1976.”BendunganUrugan”.Jakarta.Pradnya Pramita

Sidharta, SK. 1997. “Irigasi dan Bangunan Air”.Yogyakarta. Gunadarma

Soedibyo,Ir. 1993. “Teknik Bendungan”. Jakarta. PT Pradnya Pramita



CATATAN :



D III TEKNIK SIPIL
FTSP ITS

TUGAS AKHIR
KELAS BANGUNAN AIR

GAMBAR TAMPAK
SAMPING EMBUNG

DOSEN PEMBIMBING I :

(Ir. FX Didik Haryanto.CES)

DOSEN PEMBIMBING II :

(Dwi Indryani, ST. MT.)

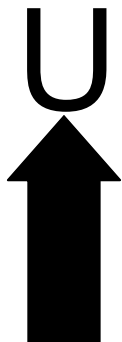
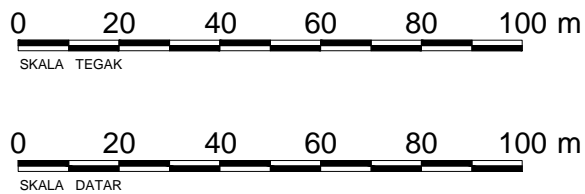
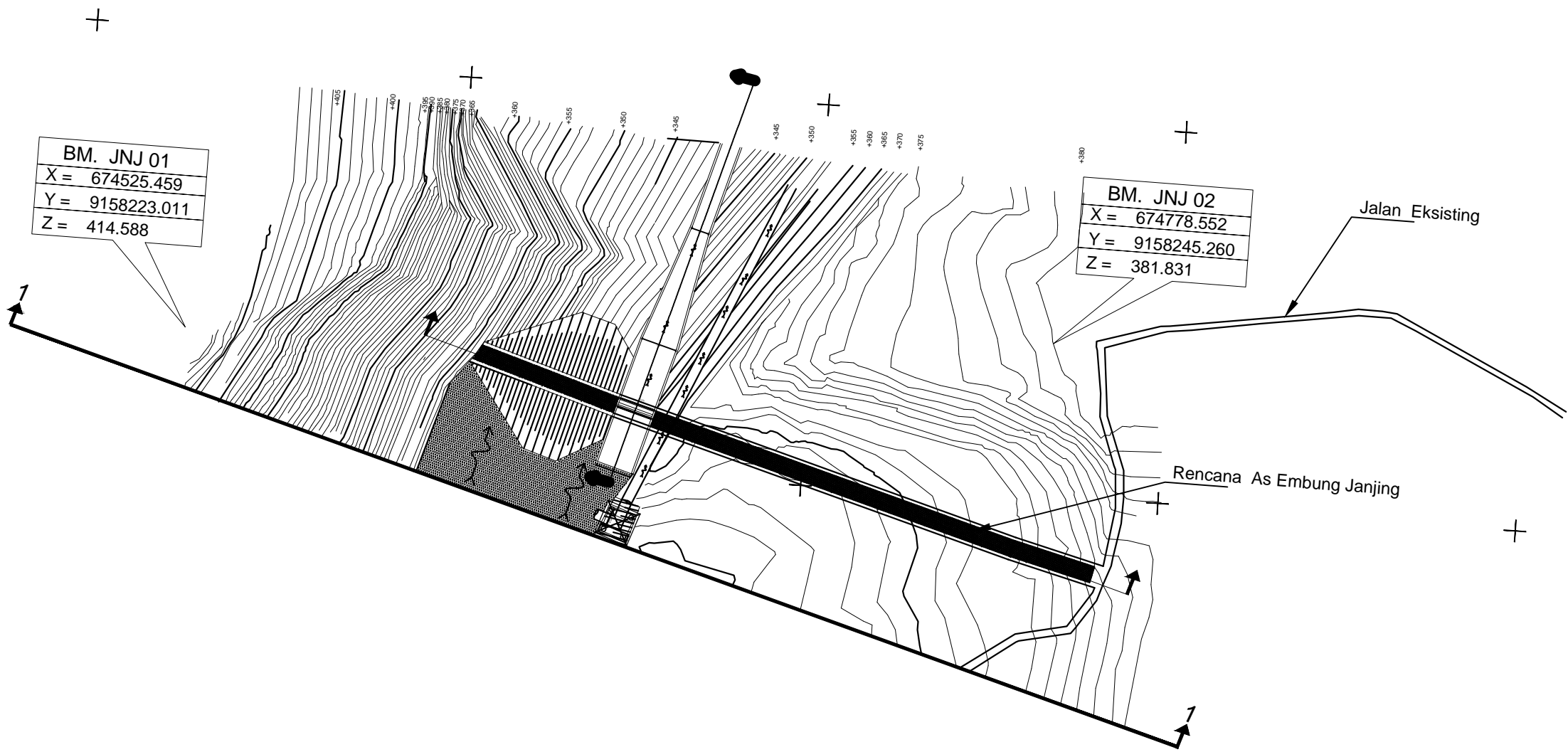
MAHASISWA
Tegar Rilo Wandono P
10111400000055

NO. LEMBAR

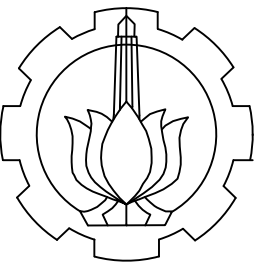
4

JUMLAH

5



CATATAN :



D III TEKNIK SIPIL
FTSP ITS

TUGAS AKHIR
KELAS BANGUNAN AIR

GAMBAR POTONGAN 1

DOSEN PEMBIMBING I :

(Ir. FX Didik Harijanto.CES)

DOSEN PEMBIMBING II :

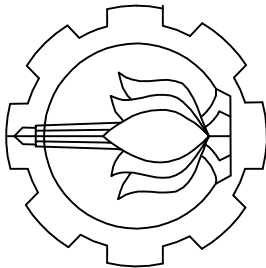
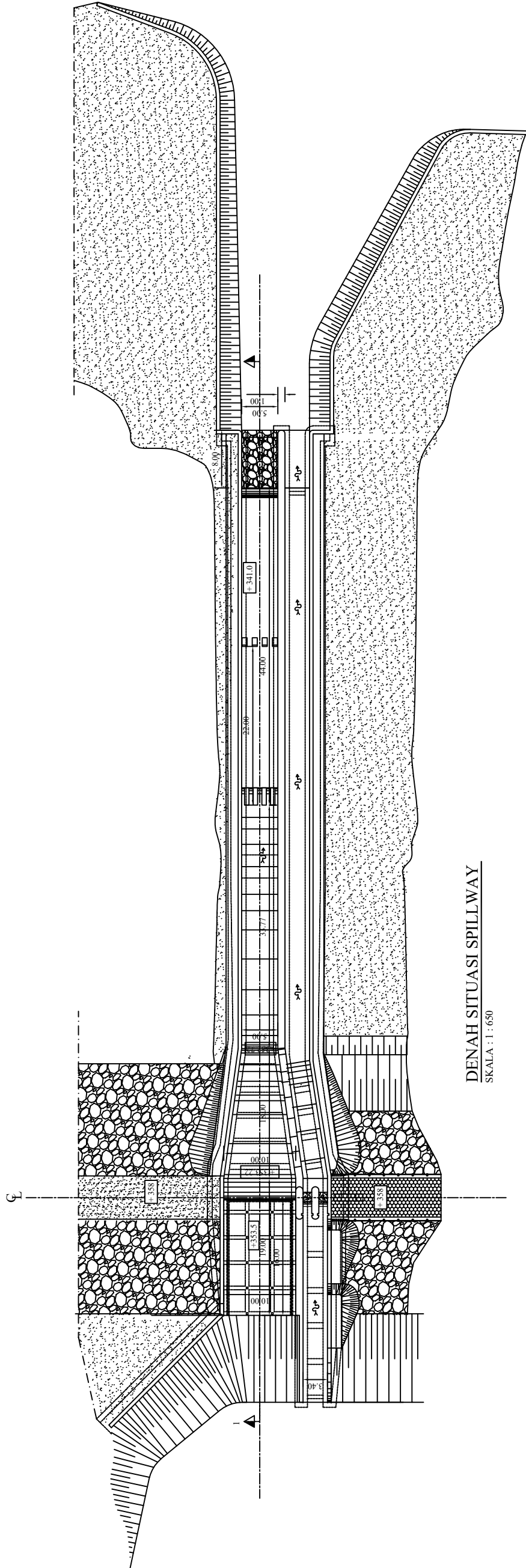
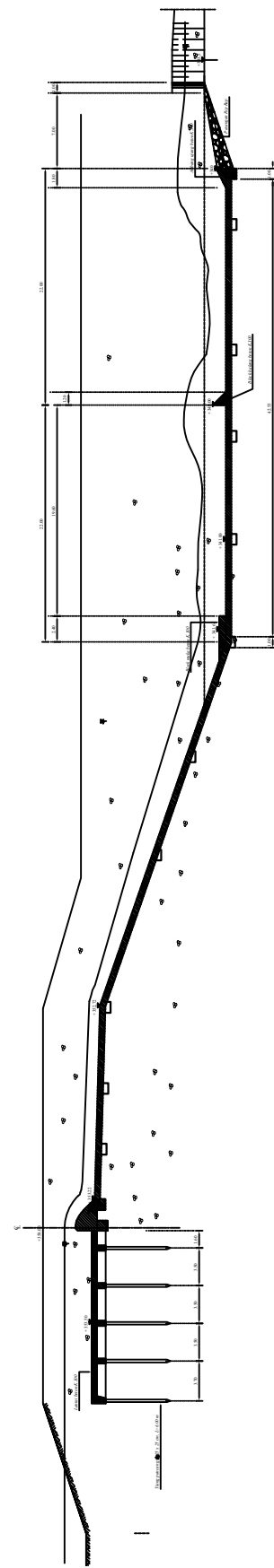
(Dwi Indryani, ST. MT.)

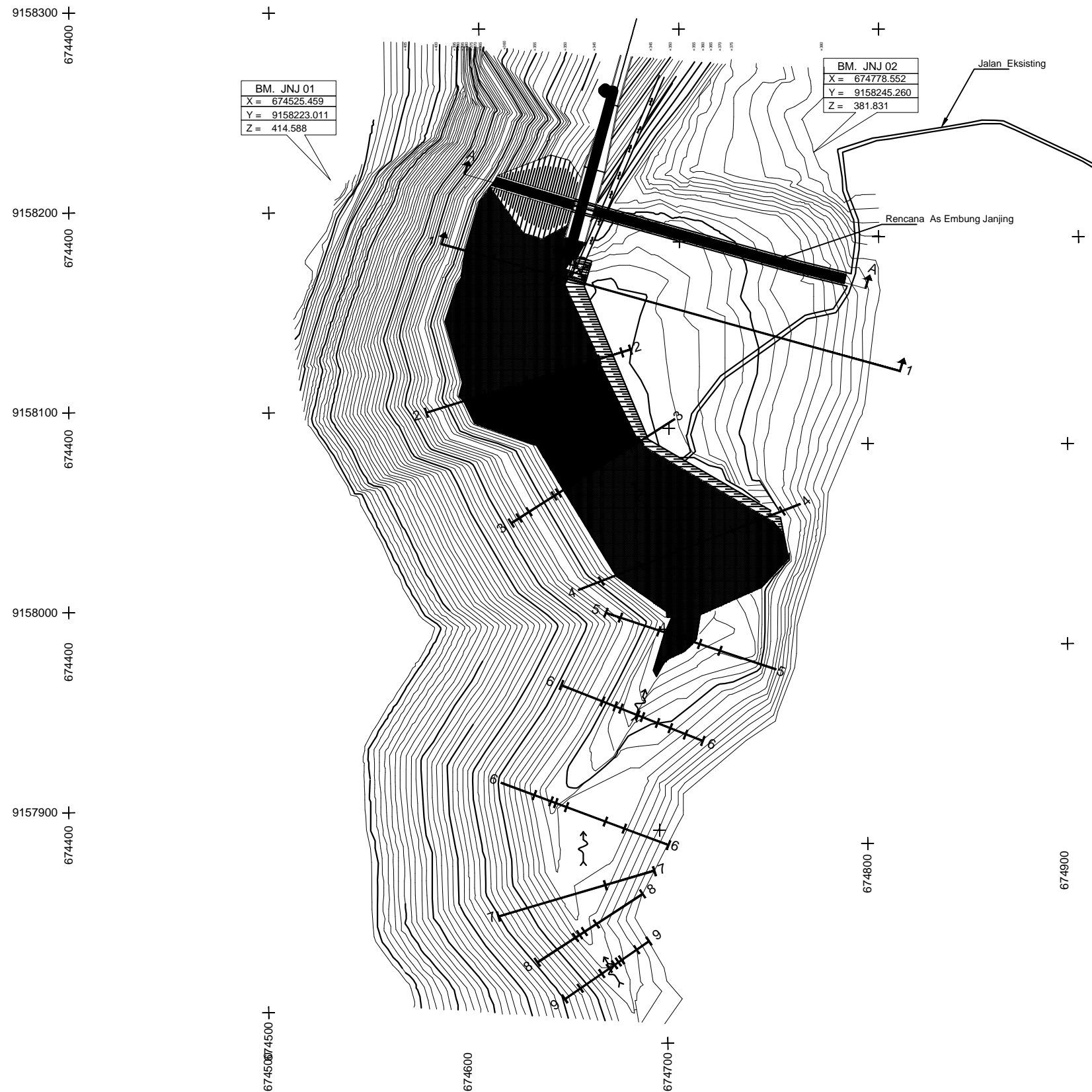
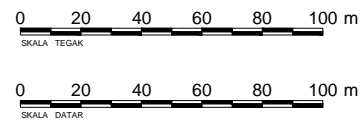
MAHASISWA
Tegar Rilo Wandono P
3114030055

Alya Kurnia Aryani
3114030146

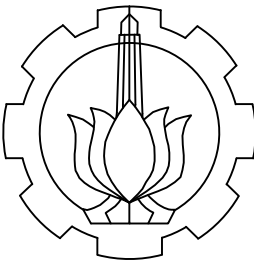
NO. LEMBAR

JUMLAH

CATATAN :			D III TEKNIK SIPIL FTSP ITS	TUGAS AKHIR KELAS BANGUNAN AIR	DENAH SITUASI SPILLWAY DAN POTONGAN 1-1	DOSEN PEMBIMBING 1 :	(Ir. FX Didik Harijanto. CES)	DOSEN PEMBIMBING 11 :	(Dwi Indryani, ST. MT.)	MAHASISWA Tegar Rilo Wandono P 3114030055		NO. LEMBAR	JUMLAH															
 <p>DENAH SITUASI SPILLWAY SKALA : 1 : 650</p>																												
 <p>POTONGAN 1-1 SKALA : 1 : 650</p>																												



CATATAN :



D III TEKNIK SIPIL
FTSP ITS

TUGAS AKHIR
KELAS BANGUNAN AIR

GAMBAR DENAH
EMBUNG

DOSEN PEMBIMBING I :

(Ir. FX Didik Harijanto.CES)

DOSEN PEMBIMBING II :

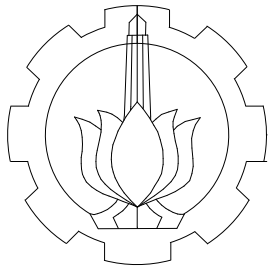
(Dwi Indryani, ST. MT.)

MAHASISWA
Tegar Rilo Wandono P
3114030055

NO. LEMBAR

JUMLAH

CATATAN :



D III TEKNIK SIPIL
FTSP ITS

TUGAS AKHIR

GAMBAR POTONGAN
MELINTANG EMBUNG

DOSEN PEMBIMBING I :

(Ir. FX Didik Harjanto,CES)

DOSEN PEMBIMBING II :

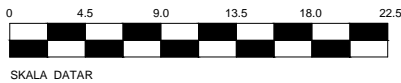
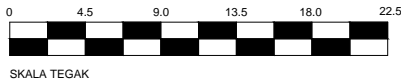
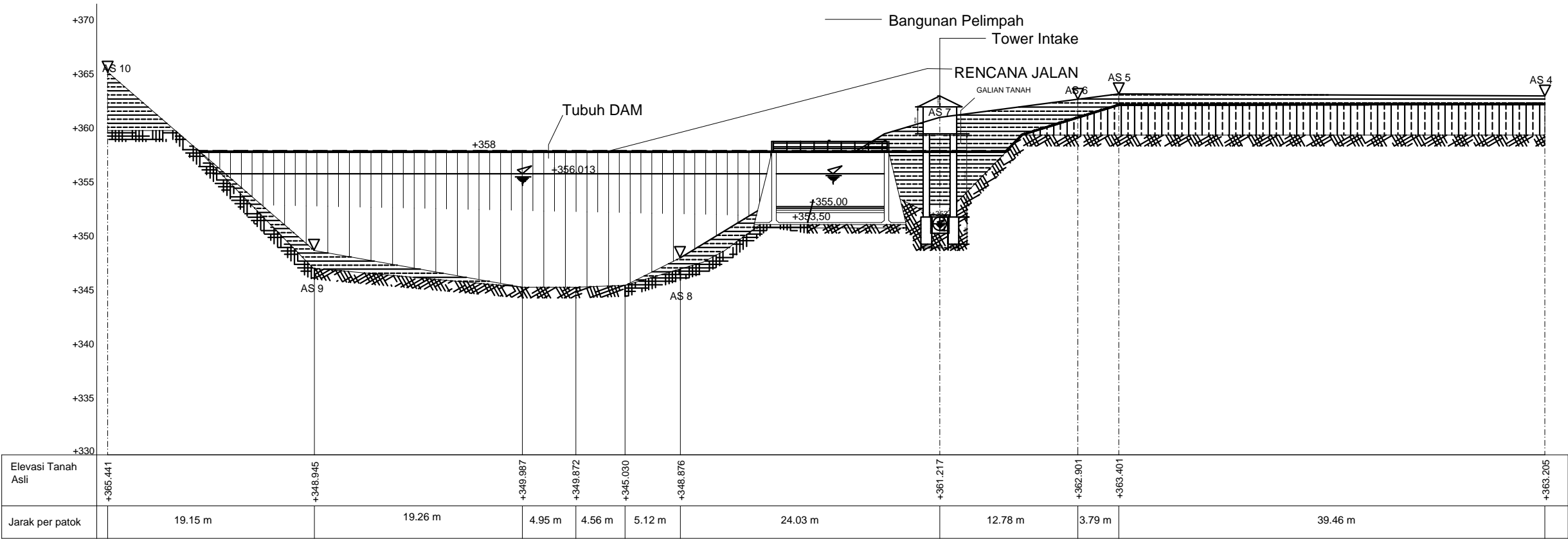
(Dwi Indryani, ST. MT.)

MAHASISWA I :

Tegar Rilo W.P
10111400000055

NO. LEMBAR

JUMLAH



KETERANGAN



Tanah Asli



Timbunan



Urugan



Pasangan Beton



Jembatan

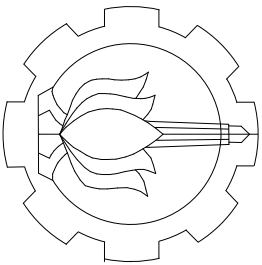


Jalan



Notasi Air

CATATAN :



D III TEKNIK SIPIL
FTSP ITS

TUGAS AKHIR
KELAS BANGUNAN AIR

GAMBAR DETAIL
BANGUNAN
PENGAMBILAN

DOSSEN PEMBIMBING I :

(Ir. FX Didik Haryanto, CES)

DOSSEN PEMBIMBING II :

(Dwi Indryani, ST, MT.)

MAHASISWA
Tegar Rilo Wandono P
3114030055

Alya Kurnia Aryan
3114030146

NO. LEMBAR JUMLAH

5

5

